القراءة للجميع
٢٠٠٥
مكتبة الأسرة

سلسلة
العلوم
والتكنولوجيا

طعامنا المهندس وراثيا

ستيفن نوتنجهام

ترجمة: د. أحمد مستجير



طعامنا المهندس وراثيا

ستيفن نوتنجهام

ترجمة: د. أحمد مستجير



برعاية السيدة

سوزان مبارك

المشرف العام

د. ناصر الأنصارى

الإشراف الطباعى

محمود عبد المجيد

الغلاف والإشراف الفنى

صبرى عبد الواحد

ماجدة عبد العليم

الجهات المشاركة:

جمعية الرعاية المتكاملة المركزية

وزارة الثقافة

وزارة الإعلام

وزارة التربية والتعليم

وزارة التنمية المحلية

وزارة الشباب

التنفيذ

الهيئة المصرية العامة للكتاب

الناشر: دار نهضة مصر للطباعة والنشر والتوزيع

تصدير

خمسة عشر فصلاً، يضمُّها هذا الكتاب الكبير الذى يتحدثُ عن موضوع أصبح يشغلُ عقلَ ووجدانَ كل واحدٍ فينا، نظرًا لأهميتهِ الكبرى على صحَّتنا، فالأغذيةُ المُحَوَّرَة وراثيًا - كما يؤكد العلماء - قد وُجِدَتْ لتبقى، وهذه الأغذيةُ - فى جميع الأحوال - ستصل إلى موائدنا. لقد قامت ثورة كبيرة ضدَّ الهندسة الوراثية، حتى فى دول العالمِ المتقدم، موطنِ نشأتها، نظرًا لأن النباتاتِ المحورةَ وراثيًا ستلوِّث البيئة، وتدمِّرُ صحة الإنسان، وقد تُصبحُ سلاحًا فى يدِ الشركاتِ الدوليةِ الكبرى، تتحكَّم به فى مصائرِ شعوب العالم الثالث. من هنا تجىء أهميةُ هذا الكتابِ، الذى يقدمُ عرضًا مبَسَّطًا للهندسة الوراثية، واستخداماتها فى الإنتاج الزراعى، وما قد ينتج عنها من مخاطر، كما يتعرض للقضايا الأخلاقيةِ، وقضية تسجيل براءاتِ الاختراع، وحقوقِ الملكية الفكرية، والجدل السياسىّ الدائر حول تسويق المحاصيل المُحَوَّرَةِ وراثيًا بأوروبا . وضع هذا الكتاب، العالمُ الشهير: ستيفن نوتنجهام، ونقله للمكتبةِ العربية العالمُ المصرى الكبير الدكتور: أحمد مستجير، أحدُ أبرز المتخصصين العرب فى مجال الهندسة الوراثية.

وتقدم «مكتبة الأسرة» للقارئ هذا العام، هذا الكتاب، الذى صدرت طبعته الأولى عام ٢٠٠٢.

مكتبة الأسرة

مقدمـة

تَدَّعى جماعات البيئيين والمستهلكين أن معظم سكان بريطانيا قد تناولوا بالفعل أطعمة نتجت عن الهندسة الوراثية genetic engineering ، ثم أنّا نسمع نفس الشيء أيضاً فى الكثير من الدول الصناعية لقد اختلطت فى النقل والتسويق منتجاتُ المحاصيل المحورة وراثياً ـ ومنها فول الصويا والذرة ـ بمنتجات المحاصيل غير المحورة ، حتى أصبح من المتعذر التمييز بينها ، لذا سنجد سلسلة عريضة من الأطعمة وقد حملت بالفعل عناصر محورة وراثياً ؛ يدخل فول الصويا على سبيل المثال فى نحو ٦٠ %من الأغذية المصنَّعة . لم تُوسَم هذه الأطعمة ببطاقات خاصة تُمَيِّزها (أى لم تُبَطَّق) وبذا فلم يكن ثمة خيار أمام المستهلك عند الشراء . زُرِع بالولايات المتحدة عام ١٩٩٦ نحو ١ .٢ مليون هكتار بمحاصيل عبرجينية transgenic ، نعنى محاصيل حُوِّرت بالهندسة الوراثية ، وارتفعت المساحة عام ١٩٩٧ إلى أربعة ملايين هكتار ، والأرجح أنْ ستزداد المساحة ، إذ تتوقع الشركات متعددة الجنسية أن تصبح معظمُ المحاصيل عَبْرَجينيةً فى المستقبل القريب . فى نفس الوقت ، هناك سلسلة من الأغذية المحورة وراثياً تُجَهَّز كى تدخل السوق ، من بينها زيوت من شلجم rapeعبرجينى وثمار محورة للبقاء فترة أطول على الرف .

ولقد بدأ العالم الثالث هو الآخر يشعر بآثار الأغذية المُحوَّرة وراثياً . فالمحاصيل المُحوَّرة مِلْكية فكرية تخضع للقانون الدولى للبراءات ، الذى يُقيد تدفق المادة الوراثية والمعلومات العلمية إلى الدول النامية ، ويؤثر فى الطريقة التى بها يَزْرع الفلاح محاصيله . ثم إن اتفاقيات التجارة متعددة الأطراف

تحابى الأممَ الصناعية ، وتخلق الصعوبات أمام الدول النامية فى تنظيم أنشطة الشركات متعددة الجنسية وفى صياغة سياستها الزراعية الوطنية . بل إن هناك من المحاصيل عبرالجينية ما قد حُوِّر لإنتاج مواد غذائية كانت تزرع تقليدياً بالمناطق الاستوائية ، لتُهدد اقتصاديات العالم الثالث .

والهدف من هذا الكتاب هو تفسير كيف ولماذا أصبحت الأغذية المحورةُ - فجأة - جزءاً من طعامنا . سيتطرق الكتاب بإيجاز إلى العوامل المسئولة عن دخول هذه الأغذية إلى الأسواق بهذه السرعة ، وسيتفحص أيضاً التضمينات الأوسع للهندسة الوراثية بالنسبة للدول على اتساع العالم . الكتاب موجه إلى القارئ العام يريد أن يعرف أكثر عما يحدث من تطورات هامة فى إنتاج طعامنا نتيجةً للتقدمات الحديثة فى التكنولوجيا .

بدأ التحسين فى النباتات الزراعية وفى حيوانات المزرعة منذ فجر الزراعة . على أن الهندسة الوراثية تختلف بصورة جوهرية عن التقنيات السابقة للتربية ، كما يوضح الفصل الأول حيث تناقَش التقنيات الحديثة فى سياق تاريخ التحسينات الوراثية فى الزراعة . فى هذا الفصل الأول يُعرض أيضاً المدى الذى وصل إليه الطرح release التجريبى للمحاصيل المحورة وراثياً وما يعنيه من استثمارات ضخمة فى البحوث والتطوير بهذا المجال ، وما حدث من تقدمات فى إنتاج الأغذية مِمَّا قد حُوِّر وراثياً من الكائنات الدقيقة والأسماك والحيوانات . يعرض الفصل الثانى باختصار العلمَ الذى ترتكز عليه التكنولوجيا ، والتقنيات التى يستعملها المهندسون الوراثيون ، وبه يُفَسَّر معنى الجينات ، وكيف تعمل ، والطرق المتاحة لنقلها إلى المحاصيل النباتية . ولقد يرى بعض القراء ممن لديهم دراية بالعلم ، أو ممن لا يهتمون كثيراً بالتفاصيل التقنية ، أن يتجاوزوا هذا الفصل أو أن يتصفحوه سريعاً قبل التحول إلى الفصول التى تعالج الاستخدامات الزراعية التى طُبِّقت فيها هذه

التكنولوجيا . وهذا الفصل الثانى ومعه مسرد المصطلحات العسيرة يقدمان مرجعاً بالكلمات العلمية والتقنية والأفكار التى تجرى فى هذا الكتاب .

يناقش الفصل الثالث المنابلة manipulation الوراثية لكمية اللبن ونوعيته . لقد هُنْدِس جين هرمون السوماتوتروبين البقرى bovine somatot-ropin (س ت ب B S T) من الماشية إلى داخل البكتريا ، لتُنتج هذه كميات تسويقيةً من الهرمون ، الذى يمكن حقنه فى الأبقار لزيادة محصول اللبن . كان (س ت ب) واحداً من أول المنتجات المهندسة وراثياً التى استُخدمت فى الزراعة ، ولقد أثار الجدلُ الذى أحاط بدخوله السوق عدداً من النقاط تتكرر خلال صفحات هذا الكتاب ، فى نفس الوقت أمكن إنتاج أغنام وأبقار مهندسة وراثياً تحمل ألبانُها بروتينات بشرية . ستُسَوَّق هذه البروتينات كعقاقير علاجية ، وسيُباع اللبن المعزز غذائياً كغذاء بديل للأطفال الرُّضَّع .

تناقش الفصول الثلاثة التالية طبيعة الجينات المنقولة إلى المحاصيل ، وصفة مقاومة مبيدات الأعشاب herbicides هى أكثر الصفات التى تُهَنْدَس فى النباتات شيوعاً . يتفحص الفصل الرابع كيفية إنجاز ذلك . تَعِدُ المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب بفوائد هائلة للمزارع تأتى عن مقاومة الحشائش ، فمبيدات الأعشاب لا تهدد النباتات المُهَنْدَسَةَ بالضرر ، لكن النقاد يجادلون بأن ذلك سيؤدى إلى زيادة استخدام المبيدات ، بما فى ذلك من آثار ضارة بالبيئة .

يتناول الفصل الخامس المحاصيل المقاومة للحشرات التى تَعِدُ بالتحكم فى الآفات باستخدام قدر أقل من المبيدات الحشرية insecticides . هُنْدست نباتاتُ محاصيل تقاوم الحشرات ، بأن نُقِلَتْ إليها جيناتٌ تشفر لبروتينات ، تقتل الحشرات ، عُزِلت من بكتريا ومن نباتات أخرى . علينا هنا أن نراقب

بحرص ما قد تُطوره الحشرات من مقاومة لهذه السموم إذا كان لهذه المحاصيل أن تظل فعالة على المدى الطويل ، يناقش هذا الفصل أيضاً تحويرات فى زمرة من الفيروسات التى تهاجم الحشرات(الفيروسات العصوية baculoviruses) ، تحويرات ترفع من فعاليتها كوسائل لمقاومة الآفات . يصف الفصل السادس سلسلة من المحاصيل عبرالجينية ، هُنْدِست لتسهيل عمليات التصنيع ومقاومة الأمراض ، تصل إلى السوق الآن بالفعل فواكه وخضراوات حُوِّرت لتغييرات بيوكيماوية تجعلها تبقى زمناً أطول على الرف معروضة ، من بينها طماطم فليفر سيفر (Flavr Savr) ، أو حُورت لتحسين خصائصها الغذائية ، كما يجرى الآن تطوير محاصيل عبرجينية تقاوم الأمراض الفُطرية والفيروسية ، وتقاوم إصابات النماتودا ، وما يسببه الصقيع من أضرار ، يتطرق هذا الفصل أيضاً إلى التطويرات المستقبلية المحتملة فى المحاصيل عبر الجينية ، بما فى ذلك إنتاج سلالات تقاوم الجفاف أو تُثَبِّت الأزوت .

يتفحص الفصل السابع المخاطر الإيكولوجية لطرح الكائنات المحورة وراثياً فى البيئة ، فلقد تصبح المحاصيل عبر الجينية نفسها حشائش عدوانية ، ولقد تَظْهَر حشائش مقاومة للمبيد أو الحشرة ، عن تبادلٍ غير مُخَطَّط يتم بين مثل هذه المحاصيل وبين بعض أنواع الحشائش ذات القرابة ، وربما تَسَبَّبَ هذا فى تهديد المَوَاطن الزراعية أو الطبيعية ، يتعرض هذا الفصل أيضاً إلى المخاطر الإيكولوجية التى قد تسببها الكائنات الدقيقة المحورة ، واحتمالات هروب البعض منها إلى البيئة الأوسع .

يناقش الفصل الثامن المخاطر المحتملة على صحة الإنسان من المحاصيل المحورة وراثياً ، ينصبُّ اهتمامنا الأساسى هنا على الحساسية للأغذية المحورة ، وعلى انتقال مقاومة المضادات الحيوية إلى الكائنات الدقيقة التى تحيا بأمعاء الحيوان والإنسان ، بسبب وجود جينات واسمات marker genes بالكثير

من المحاصيل عبر الوراثية ، عُرِضت هذه المخاطر بالنظر ، مثلاً ، فى الاستعمال الروتينى للمضادات الحيوية فى أعلاف حيوانات المزرعة .

تُثار فى الفصل التاسع بعض القضايا الأخلاقية الخاصة بالتحوير الوراثى للغذاء . شُكِّلت لجان للأخلاقيات البيولوجية لمعالجة التضمينات الاجتماعية للهندسة الوراثية ، وعلى سبيل المثال فقد وُصفت بعض الجينات بأنها «حساسة أخلاقياً » ، وقد يُقَيَّد استخدامها فى إنتاج الغذاء تقييداً صارماً ، وقد يكون إنتاج الحيوانات عبر الجينية ضاراً برفاهية هذه الحيوانات لحد قد يفوق ما نجنيه من مكاسب من تحويرها الوراثى . يتفحص هذا الفصل أيضاً باختصار قضية الأخلاقيات المتعلقة ببحوث الجينات البشرية وبتسجيل براءة امتلاك الكائنات الحية .

يعالج الفصل العاشر موضوع تسجيل البراءات patentingعلى النباتات ، كما يتضمن مناقشةً لحقوق الملكية الفكرية ودمجها فى اتفاقية الجات GATTوفى وريثتها منظمة التجارة العالمية (م ت ع W T O) . تصدر البراءات على الكائنات المحورة وراثياً ، وعلى الجينات ، وعلى عمليات المنابلة الوراثية ، وكثيراً ما تكون البراءات عريضة التحديد ، ولقد مُنِحت لتغطِّى أية منابلة وراثية لمحصول نباتى معين ، ولإصدار البراءات تضمينات هامة بالنسبة لمزارعى الدول الصناعية والدول النامية ، نشأت معظم نباتات المحاصيل الرئيسية فى العالم الثالث ، حيث توجد مراكز التنوع الوراثى الطبيعى ، غير أن بعض الشركات فى العالم الصناعى قد سجلت براءات تحويرات وراثية فى هذه المحاصيل ، يفحص هذا الفصل أيضاً الانتقادات القائلة إن الموارد الوراثية قد استُغلت بشكل ظالم ، وأن الاتفاقيات التجارية تتعارض مع معاهدة الأمم المتحدة الخاصة بالتنوع البيولوجى .

يعرض الفصل الحادى عشر فى إيجاز الهيكل التنظيمى للبحوث والتطوير بالولايات المتحدة وانجلترا فيما يختص بالكائنات المحورة وراثياً وبالطعام ،

بينما يتفحص الفصل الثانى عشر توزيع وتسويق المحاصيل المحورة وراثياً بعد الحصاد بأوروبا ، فيصف الجدل السياسى الذى يجرى هناك حول الشحنات المنقولة بحراً من فول الصويا والذرة والتى يختلط فيها المُحَوَّر وراثياً بغير المُحَوَّر ـ بما فى ذلك من تهديدات بشن حرب تجارية . ويعالج هذا الفصل أيضاً كيف نَمَتْ المعارضة فى أوروبا ضد الأغذية المحورة وراثياً ، وكيف أثَّر ذلك فى قرارات الدول الأعضاء بتقييد تسويق وزراعة الذرة المحورة .

يلخص الفصل الثالث عشر حجج المؤيدين والمعارضين لضرورة وسم الأغذية ببطاقات (تَبطيقها labelling) للتعريف بما إذا كانت محورة وراثياً . يصف هذا الفصل أيضاً تطوير تشريعات تَبْطيق الأغذية فى أوروبا وأثر تدخل جماعات الضغط ، من منتجى الأغذية وبائعى التجزئة والمستهلكين والحكومات ، فى التأثير على قرارات التَّبْطيق .

يتفحص الفصل الرابع عشر ما حققته المحاصيل عبرالوراثية من وعودها الأولى ، ومدى أثرها على العالم الثالث . تؤكد الشركات متعددة الجنسية المروِّجة للمحاصيل عبرالوراثية أهمية هذه المحاصيل فى رفع الإنتاج الزراعى لمواجهة تزايد سكان العالم . ويجادل النقاد بأن المحاصيل عبر الجينية هذه لن تقدم إلا إسهاماً متواضعاً فى حل مشاكل الجوع ، فالجوع سببه الفقر والحلول السياسية هى المطلوبة ، وَعَدَت المحاصيل المحورة وراثياً بتخفيض استعمال المبيدات ، لكن النقاد يشيرون إلى التأكيد ، عند هندسة المحاصيل ، على مقاومة مبيدات الحشائش ، حتى لتقوم الشركة الواحدة فى أحوال كثيرة بإنتاج البذور عبر الوراثية وإنتاج مبيدات الحشائش فى آن . أضف إلى ذلك أن المحاصيل عبر الوراثية التي سُمِح بطرحها تتطلب مُدْخَلات كثيرة من الأسمدة والمياه ومبيدات الآفات ، كما أنها لا تتوافق مع الأفكار الحالية عن الزراعة المتواصلة sustainable . ولقد تكون للبيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية آثار اقتصادية هائلة على العالم الثالث لكن

ليس بتلك الطرق التى تَصَوَّرها الكثيرون من مؤيدى التكنولوجيا الأوائل .

كانت الشحنات الممتزجة من المحاصيل المحورة وغير المحورة وراثياً دون ما بطاقات تميز هذه عن تلك ، كانت تعنى أن المستهلك قد حُرِم الحقَّ فى الاختيار ، ولقد يعمل القلق العام المتزايد بالنسبة للهندسة الوراثية ، من خلال أنشطة الحكومات وبائعى التجزئة ، قد يعمل على الإبطاء من سرعة تدفق الأغذية المحورة وراثياً إلى السوق . لقد نجحت جماعات المستهلكين والبيئيين بالفعل فى توصيل رسالتهم إلى الجمهور ، لم تسكت الشركات متعددة الجنسية ، مثل شركة مونسانتو Monsanto ـ المنظمة الأمريكية ذات الـ ٩,٢ بليون دولار ـ فهاهى ترد الهجوم وتخوض الآن حرب العلاقات العامة . ربما وُجِدت لتبقى ، هذه الأغذية المحورة وراثياً !يعالج الفصل الخامس عشر معركة اكتساب قلوب وعقول المستهلكين إذ يدركون أن معظم الأغذية فى طعامهم قد يحتوى قريباً على عناصر جاءت عن كائنات محورة وراثيا .

* * *

أود أن أزجى الشكر إلى فايونا راصل لنصائحها وتشجيعها ، ولأنها لفتت نظرى إلى مصادر معلومات نافعة ، كما أحب أن أشكر كريستين ريفز لقراءتها المتمعنة لمخطوطة الكتاب وللملاحظاتها الثمينة .

الفصل الأول

تاريخ موجز للتحسين الوراثى فى الزراعة

بدأ أسلافنا تربية النباتات منذ أكثر من عشرة آلاف عام ، جاءت أقدم الشواهد الآثارية من الشرق الأوسط ، وإن كانت الزراعة قد تطورت مستقلة فى مناطق عدة حول العالم ، استمرت التحسينات فى نباتات المحاصيل منذ ذلك الحين لتوفير المتطلبات الغذائية للعشيرة البشرية ، تم استئناس الحيوانات والانتخاب فيها بعد تربية النبات ، لتوفر للإنسان غذاءً إضافياً ولتُستخدم فى تسميد النباتات . والبيوتكنولوجيا هى استخدام العمليات البيولوجية والكائنات الحية فى إنتاج الطعام ، وهناك من الشواهد ما يعود بها إلى آلاف السنين ـ تخمير الفواكه والحبوب مثلاً لصناعة النبيذ والبيرة ، واستخدام الخميرة فى الخَبْز مؤخراً . أما الآن ، فتُبنى التقدمات فى هذه المجالات من الزراعة والبيوتكنولوجيا على تكنولوجيا الهندسة الوراثية الجديدة .

الانتخاب الاصطناعى

عندما حاول تشارلس داروين تفسير تطور الأنواع الجديدة بنظريته عن الانتخاب الطبيعى ، نجده وقد لجأ إلى التحسينات التى قام بها الإنسان لإنتاج سلالات الحيوانات والنباتات ، يوضح بها آلية نظريته . لاحظ داروين أن العشائر فى الطبيعة تظل ثابتة ، على الرغم من أن النسل الناتج يفيض عما يبدو ضرورياً . ثم إنه لاحظ وجود تباين بين الأفراد داخل العشائر . يعمل الافتراس والأمراض والتنافس وغير هذه من العوامل فى التخلص من الأفراد ، فيبقى منها الأكثر تكيفاً مع البيئة ، لتُمَرِّر ما تحمل من خصائص مفيدة إلى نسلها . ومن ثَم ، ومع الزمن ، تتحول العشيرة كى تتكيف مع

البيئة ، نشأت الأنواع عن طريق الانتخاب الطبيعى لأن الكائنات أصبحت مختلفة عن أسلافها .

يتضمن التحسين الوراثى لنباتات وحيوانات المزرعة عملية تسمى الانتخاب الاصطناعى ، يتدخل فيها الإنسان لتوجيه تطوير السلالات . ولقد تُهْمَل الضغوط الانتخابية ذات الأهمية تحت ظروف الطبيعة ، وعلى سبيل المثال فإن النبات يَدْفَع الكثير كى يطور دفاعاتٍ يحمى بها نفسه ضد آكلات العشب ، كالكيماويات القاتلة للحشرات وكالأشواك وغيرها من المعوقات الفيزيقية ، غير أن المزارع قد ينتخب اصطناعياً ضد هذه الخصائص . من ناحية أخرى قد تكون بعض التغيرات الوراثية ضارة تحت الظروف الطبيعية ، لكنها نافعة للإنسان . وعلى ذلك فإنَّا نتوقع أن يكون الاختلاف عن الأسلاف البرية أكبرَ بالنسبة للمادة الوراثية (المستودع الجينى gene pool) للنبات أو الحيوان الزراعى ، يتقدم الانتخاب الاصطناعى ، بسبب طبيعته الموجَّهة بصرامة ، بمعدلٍ أسرع من الانتخاب الطبيعى ، ولقد أُجرى الانتخاب الاصطناعى ، فى النباتات على وجه الخصوص ، لعدد كبير من الصفات النوعية ، وقد أسفر هذا عن تباينات واسعة حقاً ، فهناك فى الأرز على سبيل المثال آلاف من السلالات المعروفة .

قوانين الوراثة

على الرغم من ممارسة تربية النبات لآلاف السنين ، فإنها لم تصبح أمراً علمياً إلا فى بداية القرن العشرين ، عندما أُعيد اكتشاف أعمال جريجور مندل للوراثة ، كان مندل راهباً درس التاريخ الطبيعى فى دير فى برون بمورافيا (برون تتبع الآن جمهورية التشيك) . قادته ملاحظاته على الهجن بين سلالات بسلة الزهور إلى صياغة قانونَيْه للوراثة عام ١٨٦٦ . أصبح القانونان أساس علم الوراثة الحديث ، يقول قانون الانعزال إن كل صفة وراثية يحكمها

عاملان ، ينفصلان ويمران إلى خليتين تناسليتين منفصلتين . أما قانون التوزيع الحر فيقول إن أزواج العوامل تتوزع مستقلة عن بعضها بعضاً عند تكوين الخلايا التناسلية ، تسمى عوامل مندل الوراثية هذه الآن باسم الجينات .

توصل مندل إلى قانونيْه هذين بتأمل ما إذا كانت حبات البسلة ملساء أم مجعدة ، استنتج أن كل نبات بسلة يحمل نسختين أو أَلِّيلين alleles من جين شكل الحبة ، واحدة يرثها من الأم والأخرى من الأب . ونبات البسلة صادقُ التوالد الأملسُ الحبة يحمل ألِّيلين للملاسة ، والنبات صادق التوالد المجعد الحبة يحمل أليلين للتجعد ، قام مندل بتلقيح سلالة صادقة التوالد ملساء الحبة بأخرى صادقة التوالد مجعدة الحبة . تسمى النباتات الناتجة عن التقليح بين سلالتين مختلفتين باسم الهُجُن . لابد أن يحمل كل نبات هجين من نباتات الجيل الأول(ج١ F1) ألِّيلا من كلٍّ من الأبوين ، نعنى أليلاً للملاسة وآخر للتجعد . وجد مندل أن كل هذه الهجن متطابقة ، ذاك لأن أليلاً من الاثنين يكون سائداً والآخر متنحياً ، وعلى هذا فإن مظهر الكائن لا يدل بالضرورة على الجينات التى يحملها ، يسمى الشكل الفيزيقى للكائن باسم «المظهر» phenotypeأما وصف جيناته فهو «تركيبه الوراثى» genotype ، وصِفَةُ الملاسة فى البسلة سائدة وصِفَةُ التجعد متنحية ، وعلى هذا كانت الهجن جميعاً ملساء الحبة . فإذا لقحت هجن (ج١) هذه بعضَها بعضاً أنتجت خلايا تناسلية (بويضاتٍ وحبوبَ لقاح) كلاً يحمل نسخة واحدة من الجين المحدِّد للشكل : إما جين صفة الملاسة(م) وإما جين صفة التجعد (ت) . وعندما تمتزج الخلايا التناسلية للجيل الأول (ج ١ F1) سوياً عند التلقيح ، يتلقى كلّ فردٍ من النسل ألِّيلين ، واحداً من الأب والآخر من الأم . ستكون لدينا إذن أربعة اتحادات محتملة للأليلات فى الجيل الثانى (ج٢ F2) : م م ، م ت ، ت م ، ت ت . ولما كانت صفة

الملاسة سائدة ، وسيُعَبَّر عنها دائماً طالما وُجدت فى التركيب الوراثى ، فسنجد أن هناك فى (ج٢) ثلاثة نباتات ملساء الحبة لكل نبات مجعد الحبة . على أن شكل الحبة ليس سوى صفة واحدة من بين آلاف الصفات التى تتحكم فيها الجينات .

فإذا تزايد عدد الصفات أصبح الوضع ـ بسرعة ـ أكثر تعقيداً . عمل مندل عامداً على نظام بسيط ، مستخدماً نباتات صادقة التوالد ، بعد أن اختار صفات يعرف أنها لا تورث بطرق شاذة ، لكن الوضع الأكثر تعقيداً هو ما نتوقعه فى الطبيعة .فلقد يوجد مثلاً أكثر من أليلين للصفة الواحدة ، وقد يحدث ارتباط وراثى بين صفتين ، يحدث الارتباط عندما تنحو الجينات المتجاورة إلى أن تبقى سوياً فلا تتوزع مستقلة ، لتصبح الصفات فى النسل مرتبطة . أصبح التعاظم السريع للتوافيق المعقدة للصفات ، الذى ينتج عن التهجين ، أصبح المادة الخام التى يعمل عليها مربو النبات .

بجانب مزج الأليلات ، هناك آليات عديدة أخرى يمكن أن توفر لمربى النبات تبايناً وراثياً يعمل عليه . ثمة تغيرات فجائية تسمى الطفرات muta-tions تحدث فى المادة الوراثية ، وقد تتسبب فى تغير مظهر الخلية التى تحملها أو فى تغير سلوكها عن النمط الطبيعى ، يسمى الكائن حامل الطفرة باسم الطافر mutant ، عُرِفت أنماط مختلفة من الطفرات ، وطفرات الجين هى الأكثر شيوعاً ، وهى عبارة عن تغيرات داخل جين مفرد ، هناك طفرات أخرى قد تغير من كمية المادة الوراثية فى خلايا الكائن ، ولقد حدث هذا فى حالات عديدة أثناء تطور النباتات عندما تضاعفت كمية المادة الوراثية استعداداً للانقسام ، ثم عجزت الخلية عن إتمام العملية ، تحدث الطفرات طبيعياً بمعدلات منخفضة ، وهى عادة ضارة ، وعلى هذا يقوم الانتخاب الطبيعى بالتخلص منها سريعاً . على أن الطفرات النافعة تحدث أيضاً ، وهنا

تضاف الجينات الطافرة إلى المستودع الجينى ، وعلى سبيل المثال ، كثيراً ما تكون النباتات التى تحمل أطقماً إضافية من مادتها الوراثية نباتات قوية ، يَنْتخب لها مربو النبات .

من الممكن أن نرفع معدل الطفور اصطناعياً عن طريق التشعيع وبعض الكيماويات (المُطْفِرة mutagenic) . ولقد استخدم مربو النباتات هذه التقنية فى توليد مادة وراثية جديدة يعملون عليها . ترفع الهندسة الوراثية الآن كثيراً من إمكانيات تخليق مادة وراثية جديدة . فمن الممكن بالطفرات المُوَجَّهة مثلاً ـ كاقتضاب deletion جينات معينة ـ أن تنتج مادة جديدة تستعملها برامج تربية النبات المألوفة .

هناك آليات أخرى تكسب نباتات الزراعة بها الأليلات أو تفقدها . فمحاصيل التربية الخارجية outbreeding التى لا تقبل حبوب لقاح من أفراد لها نفس التركيب الوراثى (كالكرنبيات مثلا brassicas) ، هذه المحاصيل تستطيع أن تتبادل المادة الوراثية مع أقاربها البرية . لهذا الموضوع علاقة بالهندسة الوراثية ، فهناك مخاطر محتملة من نشر الجينات المنقولة بالهندسة الوراثية فى محاصيل معينة . وقد تُفْقَد الأليلات مع الزمن والصدفة ، لا بالانتخاب ، عن طريق عملية تسمى الانطلاق العشوائى ge-netic drift . لهذه العملية أثرها الجوهرى فى العشائر populations قليلة العدد ، إذ تقلل من التباين الوراثى داخلها .

الثورة الخضراء

قاد تطبيق قانونىْ مندل فى برامج تربية النبات إلى إنتاج سلالات من البذور الهجينة عالية المحصول ، تسببت مع الأسمدة فى زيادات خطيرة فى غلة المحاصيل فى الفترة من ١٩٥٠ حتى ١٩٨٤ . صِيغ مصطلح « الثورة

الخضراء» green revolution لوصف قصة هذا النجاح الزراعى ، لاسيما فى تطبيقاته بآسيا . ساد الاعتقاد بأن هذا الفتح فى تربية النبات هو الحل للمشاكل الزراعية للعالم الثالث ، فسلالات الأرز الهجينة مثلاً تعطى من المحصول ٢ - ٣ أضعاف السلالات التقليدية ، ولقد ارتفع إنتاج القمح والأرز فى العالم النامى جملةً فى الفترة من ١٩٦٥ إلى ١٩٨٠ بنسبة بلغت ٧٥٪ . وكان هذا عوناً عظيماً لشعوب العالم الثالث ، فلقد قُدِّر على سبيل المثال أن مضاعفة إنتاج القمح بالهند فى الفترة ما بين ١٩٦٦ و ١٩٨١ إلى ثلاثة أضعاف قد وفر ما يكفى لإطعام ١٨٤ مليون شخص إضافى . كما أمكن باستعمال سلالات البذور الهجينة أيضاً رفع إنتاج سبعة عشر من أهم محاصيل الحقل بالولايات المتحدة بنسبة تزيد على ٢٤٢٪ فيما بين عامى ١٩٤٠ و ١٩٨٠ ، وذلك من مساحة لم تزد إلا ٣٪ فقط .

على أن غلة المحاصيل قد توقفت عن الزيادة بدءاً من عام ١٩٨٤ ، بل وحتى تراجعت ، وأصبح واضحاً أن لزيادة الغلة ثمناً . تتطلب محاصيل الثورة الخضراء ذات الإنتاجية العالية مُدْخَلات باهظة الثمن من الكيماويات الزراعية ، لاسيما الأسمدة ، حتى يمكن الوصول إلى غلتها الكامنة ، وعلى هذا فإن زراعتها تحتاج إلى تكاليف أعلى . كان هدف المربين هو زيادة الغلة ، دون ما اهتمام كاف بتقليل المدخلات . تحتاج هذه المحاصيل إلى مياه رى أكثر ، كما تتطلب استخداماً أكثر للماكينات الزراعية مقارنة بالسلالات التقليدية . ازداد بذلك استخدام الأسمدة ومبيدات الآفات زيادة هائلة ، وتسبب الاستخدام المكثف للكيماويات الزراعية فى إفساد البيئة وفى تلويث المياه ، بينما أدى الإفراط فى استعمال مبيدات الآفات إلى رفع مناعة هذه الآفات . وقع المزارعون تحت رحمة ما يصلهم من الكيماويات الزراعية .

انخفض التنوع الوراثى بعد أن حلت البذور الهجينة محل الأصناف البلدية . تنجح المحاصيل الجديدة أفضل ما تنجح فى المزارع الكبيرة ، وبذا فقد شَرَّد كبارُ المُلاَّك صغارَ الفلاحين الذين لم يتمكنوا من الاستفادة من سلالات البذور الجديدة . توارت إذن محاصيل الكفاف subsistence cropsلتفسح المجال أمام المحاصيل النقدية cash crops . أما الجيل الجديد من المحاصيل عبر الجينية ـ الناتج باستخدام الهندسة الوراثية فيما قد يُسمى« بثورة الجينات» gene revolutionـ فسيستبقى بعضاً من هذه المشاكل ، وإن كان هذا ليس بالضرورة صحيحاً .

تربية النبات والهندسة الوراثية

ستستمر تربية النبات plant breedingالتقليدية فى إنتاج تحسينات هائلة فى المحاصيل ، لكنها مقيدة بحدود التوافق الجنسى sexual compat-ibilityالذى يمنع التلقيح ما بين الأنواع ـ فهذا يُحِد المستودع الجينى الذى يستعمله المربى ، نعنى يحد من العدد الكلى للجينات وأليلاتها المتاحة أمامه لتحسين المحصول . تُوَسِّع الهندسة الوراثية من هذا المستودع ، بإضافتها مادة وراثية جديدة كى يعمل عليها المربى . فإذا ما هُنْدِس جين فى سلالة فسيُمَرَّر إلى الهُجُن ، مثل أى جين آخر ، باستخدام طرق التربية التقليدية . مكَّنت الهندسةُ الوراثيةُ الجيناتِ من أن تعبر حدود النوع . نستطيع إذن أن ننقل الجينات بطرق لم تكن ممكنة قبلاً ، لا بطرق التربية التقليدية ولا فى الطبيعة .

هناك وجهتا نظر رئيسيتان فيما يتعلق بالعلاقة بين تربية النبات التقليدية وبين الهندسة الوراثية . هناك من يرى أن الهندسة الوراثية ليست بأكثر من امتدادٍ لطرق تربية النبات ـ مجرد تقنية جديدة لتخليق تغيرات وراثية

مفيدة . هذه هى وجهة النظر التى تعرضها الشركات متعددة الجنسية فى أدبياتها literature . ثم هناك من يرون أن الهندسة الوراثية تختلف اختلافاً جذرياً عما كان يجرى قبلاً ، حالةٌ خاصة تتطلب معالجةً خاصة . وهذه هى وجهة نظر من يأمل فى تطبيق تشريعات وضوابط أكثر صرامة على الهندسة الوراثية .

فبينما نجد أن تربية النبات التقليدية لإنتاج سلالة تختلف فى المدى ، تتضمن تبديلاتٍ فى الصور المختلفة من الجين (الأليلات) الموجودة بالفعل فى المستودع الجينى للنوع ، فإن الهندسةَ الوراثية تتضمن عادة نقل جينات غريبة إلى الأفراد - جينات لم تكن قبلاً موجودة فى المستودع الجينى للنوع . صحيح أن الهندسة الوراثية تقدم مزايا هائلة ، لكن الأغلب أن يكون لدمج الجينات الغريبة آثار فسيولوجية أو بيوكيماوية غير متوقعة أكبر من أثر التغيير فى أليلات الجينات . ولقد تكون هناك خصائص غير مرغوبة للناقلات vec-tors من البكتريا أو الفيروسات التى تُستخدم كثيراً فى عملية نقل الجينات . يُنْقَلُ أيضاً مع جين الصفة المطلوبة عددٌ من جيناتٍ أخرى ، بعضها مسئول عن تعزيز العمل الصحيح للجين ، والبعض يعمل كواسمات للتعرف على المادة المنقولة . وعلى سبيل المثال ، يشيع استخدامُ جيناتٍ لمقاومة المضادات الحيوية كواسماتٍ markers ، لتحمل هذه معها ما تحمله من مخاطر . هذه وغيرها من الملامح المتفردة المتعلقة بالهندسة الوراثية قد تقترح أن يُنظر إلى النباتات المحورة وراثياً نظرةً تختلف عن نظرتنا إلى سلالات المحاصيل المُنْتَجة تقليدياً . كانت سرعةُ التقدم فى إنتاج المحاصيل التجارية المحورة وراثياً تفوق بكثير ما كان أثناء الثورة الخضراء . يمكن للتحوير الوراثى أن يحقق فى سنين تحويراتٍ تتطلب عقوداً إذا استُخدمت التقنيات التقليدية للتربية .

حجم ما طرح فى البيئة من النباتات المحورة وراثياً

فى عام ١٩٨٣ نجح إيلاج أول جين غريب فى نبات ـ بعد ٢٩ عاماً فقط من كشف تركيب الدنا . كان أول نبات عبرجينى transgenic(أى يحمل جينا غريباً) هو نبات الطباق . لهذا النبات أهمية كنبات نموذجى لإجراء التجارب . شَكَّل نبات الطباق هذا رُبْعَ ما طُرح عام ١٩٨٩ فى البيئة من نباتات تجريبية عبرجينية ، بعد أن رسخت التقنيات الأساسية . وفى خلال الاثنتى عشرة سنة المنتهية عام ١٩٩٥ وصل عدد أنواع النبات التى هُنْدِست وراثياً إلى ما يزيد على ستين ، كما وصل عدد الاختبارات الحقلية field testsللمحاصيل المُهَنْدَسَةِ وراثياً عبر العالم إلى ما يزيد على ثلاثة آلاف .

حظيت الولايات المتحدة بأكبر عدد من طروح releases التجارب الحقلية ، تليها فرنسا وكندا . وعلى عام ١٩٩٣ كان ثمة ٣٢ دولة قد أجرت تجارب حقلية لمحاصيل عبرجينية ، من بينها أستراليا ونيوزيلنده واليابان والصين وشيلى والأرجنتين . تزايد عدد الطروح فى وسط وجنوب أمريكا زيادة مذهلة بعد عام ١٩٩١ ، الأمر الذى يعنى أن الشركات متعددة الجنسية multinational companies المتمركزة بالولايات المتحدة قد رأت أن تستخدم هذه المنطقة لأن فصولها هى عكس فصول النصف الشمالى من الكرة الأرضية (الربيع الجنوبى مثلا هو خريف الشمال) . أما أفريقيا والشرق الأوسط فلم يحظيا إلا بأقل من ١٪ من الطروح .

أما الطروح الحقلية من المحاصيل المحورة وراثياً فى أوروبا فيما بين عامى ١٩٩٢ و ١٩٩٥ فقد تمت أساساً فى فرنسا (٩٥ طرحاً) ، وبلجيكا (٥٩) ، وبريطانيا (٥٨) ، وهولنده (٥١) ، بينما طُرِح بألمانيا عدد أقل (٢٢ طرحاً) . كانت أكثر المحاصيل التى طرحت بأوروبا خلال هذه الفترة هى شلجم الزيت (٩٦طرحاً) ، والذرة (٦٣) ، وبنجر السكر(٤٥) ، والبطاطس (٤٤) ،

والطماطم (١٩) . ضَمَّت الخصائص التى حُوِّرت وراثياً بهذه المحاصيل : رفع المقاومة لمبيدات الأعشاب (٢١٢ طرحاً) ، وتغييرات فى الأيض metabo-lismوزيادة مدة التخزين أو فترة العرض على الرف (٤٥ طرحاً) ، ومقاومة الفيروسات (٣٧) ، ومقاومة الحشرات(٣٣) ، ومقاومة الفُطريات (٢٤) ، ومقاومة البكتريا (٦) ومقاومة النماتودا (١) . (انظر الفصول ٤و٥و٦) .

عكست المحاصيل عبرالجينية المختلفة ، التى طُرحت خارج أوروبا ، مدى اختلاف أهمية المحاصيل بالمناطق الجغرافية المختلفة . كانت المحاصيل الرئيسية التى هُنْدِست وراثياً بالولايات المتحدة هى الذرة وفول الصويا والقطن ، أما فى كندا فكانت شلجم الزيت (ومنه الكانولا canola) والكتان ، وكان ما طُرح فى نيوزيلنده هو الكيوى kiwi . حظيت البطاطس بأكبر عدد من الصفات المُهَنْدَسة : ٣٦ صفة على عام ١٩٩٣ . هُنْدِس شلجم الزيت -oil seed rapeوالذرة والطماطم أيضاً لتحويرات فى العديد من الصفات .

وعلى الرغم من إمكانية تحسين العديد من الصفات فى المحاصيل ، إلا أن الطروح التجريبية على اتساع العالم قد ركّزت على إنتاج نباتات ذات مقاومة أفضل لمبيدات الحشائش . تسمح هذه الصفة بمقاومة الحشائش فى حقول المحاصيل بشكل أكثر فعالية ، لأن رش المبيدات التى تقتل الحشائش لا يؤذى المحاصيل نفسها . فى كل عام ، وفى كل المناطق الجغرافية كانت صفة مقاومة مبيدات الحشائش هى السائدة حتى عام ١٩٩٣ - إذا استثنينا الشرق الأقصى الذى ساد فيه التجريب على المحاصيل عبرالجينية المقاومة للفيروسات .

تمثل نباتات المحاصيل ، حتى الآن ، المجموعة الرئيسية من الكائنات عبر الجينية التى تدخل فى سلسلة غذاء الإنسان - أساساً كمكونات فى الأغذية المُصَنَّعة processed foods . على أن هناك ما يُطَوَّر بالهندسة الوراثية من بكتريا وفُطر وحيوانات وأسماك ليُستخدم فى إنتاج الطعام .

استُغِلّ التخمر بالميكروبات ، ولايزال ، فى إنتاج الطعام والمنتوجات الصناعية منذ مئات السنين ، من عصور ما قبل تفهم العمليات الوراثية بزمان . من بين الأغذية والمشروبات التى تنتج عن استعمال الميكروبات هناك البيرة والخبز والجبن والزبادى وصلصة الصويا . كثيراً ما يستخدم مصطلح «البيوتكنولوجيا الحديثة» ليعنى تطبيق الهندسة الوراثية على عمليات التخمر . تمكننا الهندسة الوراثية من تطويرات أبعد مدى فى هذه الأغذية الأساسية- استعمال البكتريا والخميرة المحورة ، مثلاً ، فى إنتاج جبن وبيرة وخبز ذات مواصفات مميزة .

كان لويس باستير (١٨٢٢ - ١٨٩٥) هو أول من لاحظ أن الميكروبات المختلفة تعطى منتجات ثانوية مختلفة . وقد قاد هذا إلى تفهم علمى لعملية التخمر . وجهاز التخمر يستغل هذه العملية ، وهو يتكون أساساً من وعاء ضخم يحوى المواد الخام ، يضاف إليها ميكروبات تنتج إنزيمات enzymes . والإنزيمات بروتينات تشجع تفاعلات كيماوية معينة . ولقد رفع استخدام تكنولوجيا الهندسة الوراثية ، بصورة هائلة ، من إمكانات أجهزة التخمر هذه .

طُورت الهندسة الوراثية أساساً عام ١٩٧٣ بالولايات المتحدة على يد بول بيرج وهيربرت بوير ، من جامعة ستانفورد ، وستانلى كوهين ، من جامعة بيركلى ، نقلوا جينات إلى بكتيرة إيشيريشيا كولاى *Escherichia coli* وطوروا أول منتوجات مهندَسة وراثياً ، مثل الإنسولين البشرى وفاكسين الالتهاب الكبدى ب ، وأسسوا شركة جيننتك - Genentech أكبر وأنجح أولى شركات البيوتكنولوجيا . استخدمت هذه التقنيات لإنتاج السوماتوتروبين البقرى (س ت ب BST) المحور وراثياً ، وهذا هرمون نُمُوٍّ

تنتجه الأبقار طبيعياً . يزيد إنتاج البقرة من اللبن إذا زُوِّدت بإضافات من هذا الهرمون . أولج جين س ت ب فى البكتريا لتنتج كميات تسويقية من الهرمون (أنظر الفصل الثالث) .

تتضمن صناعة الجبن فعل إنزيمات تنتجها الميكروبات . تُشْتَغَل زُمَر مختلفة من الميكروبات فى إنتاج الأنواع المختلفة من الجبن ، وتقوم إنزيمات البروتييز proteases المستخلصة من الحيوانات بتخثير اللبن لتحيله إلى خثرة صلبة وشرش سائل . والأكثر فعالية من بين إنزيمات البروتييز هو الكيموزين chymosin المستخلص من معدة العجول الرضيعة . استَخْدمت أولى محاولات إنتاج جين للنباتيين إنزيماتٍ من النبات ، فلم تُصِب نجاحاً . يتضمن الإنتاج التجارى لجبن النباتيين vegetarians إيلاج جين الكيموزين فى الخميرة (*Kluyveromyces lachs*) . لا يحتوى المُنْتَج النهائى على الكائن المُهَنْدَسِ ذاته .

تُحَلَّل النشويات فى إنتاج البيرة إلى سُكَّرات عن طريق إنزيم اسمه أميليز amylase ، يأتى من الشعير المُمَضْلَت malted ، ثم تُخَمر السكّرات عندئذ إلى كحول بفعل الخميرة . والخميرة التقليدية المستخدمة فى صناعة البيرة هى سكاروما يسيز سيرفيسيا (*Saccharomyces cerevisiae*) . على أن كفاءة إنزيمات هذه الخميرة منخفضة فى تخمير جزيئات السكر طويلة السلاسل التى تسمى الدكسترينات dextrins . هُنْدِس جين من خميرة أخرى من أقارب س . سيرفيسيا لتحسين كفاءة التخمر . تنتج عن الهندسة الوراثية بيرة ذات محتوى منخفض من الكربوهيدرات ـ البيرة «الخفيفة» كما تسمى فى السوق . تستخدم أيضاً خمائر محورة وراثياً فى الخَبْز وصناعة الخُبْز .

التحويرات الوراثية فى الحيوانات والأسماك

تتضمن التربية التقليدية للحيوانات نفسَ عملية الانتخاب الاصطناعى التى تُجرى على النبات ، كما أن التحويرات فيها محددة أيضاً بالمستودع الجينى للنوع - إلى أن ظهرت الهندسة الوراثية . ولقد وُلِد بالمملكة المتحدة وحدها عام ١٩٩٦ ما يزيد على ستين ألف حيوان مُهَنْدَس وراثياً . أُنتجت هذه الحيوانات أساساً من أجل البحوث البيوطبية biomedical ، إذْ اتجهت جهود بحثية كثيرة نحو إنتاج حيوانات معمل مُهَنْدسة تكون عُرْضَةً للإصابة بأمراض معينة حتى يمكن استخدامها كنماذج فى دراسة أثر العقاقير . ولقد هُنْدِست أيضاً أبقار وماعز وأغنام عبرجينية لتُنتج بروتينات بشرية فى ألبانها (انظر الفصل الثالث) .

على أن مربى حيوانات المزرعة يقومون بإنتاج ماشية وأغنام وخنازير ودواجن عبروراثية للاستهلاك الآدمى ، حيوانات أسرع نمواً وأقل دهنا وأكثر مقاومة للأمراض . ولقد تجد هذه الحيوانات طريقها قريباً إلى السوق ، فقد أُعلن أن خمسين خنزيراً عبرجينياً قد بيعت فى أستراليا للاستهلاك الآدمى عام ١٩٩٥ . والعادة أن تكون الجينات المنقولة إلى الحيوانات مسئولة عن إنتاج هرمونات النمو - نعنى المواد الكيماوية التى تحفز النمو - الأمر الذى يجعل إنتاج اللحم أكثر ربحاً . وهناك بحوث تجرى أيضاً لإنتاج خنازير ودواجن أسهل انقياداً لتصلح لوحدات التربية المكثفة ، ولإنتاج دواجن بلا ريش ، وأغنام ذاتية الجز ، تنضو صوفَها عن أجسادها بنفسها .

ولقد أصبح إنتاج الأسماك عبر الجينية أمراً شائعاً بالمعامل على اتساع العالم . فعلى الرغم من أن أسماك الأكل ليس لها تاريخ فى التدجين - مثل النباتات وحيوانات المزرعة - فإن استزراع الأسماك يتزايد على وجه العموم ، وقد تستزرع الأسماك عبرالجينية قريباً للاستهلاك الآدمى . وجينات

هرمونات النمو ، التى ترفع من معدل النمو ، هى أهم الجينات ذات القيمة الاقتصادية . تسهل هرمونات النمو أيضاً تكيف السالمونيدات salmonids فى ماء البحر . ربما كان أكثر تحسينات النمو إثارة هو ما حدث فى سالمون الباسيفيكى أو سالمون كوهو (*Oncorhynchus kisutch*) باستخدام جينات هرمون النمو المأخوذة من السالمونيدات . وصل مستوى هرمون النمو فى دم هذا السالمون عبرالجينى إلى أربعين ضعف مستواه فى الأسماك غير المُهَندسة ، وازداد الوزن إلى ما يصل إلى ٣٧ ضعفاً . تمت تجارب أسماك السالمون عبرالجينى التى تحمل جينات هرمون النمو بالولايات المتحدة وأسكتلنده وأمريكا الجنوبية . لكن الدراسات قد أوضحت أن الإنتاج الفائض غير المحكوم من هرمون النمو يضر بصحة سالمون الأطلنطى *Salmo*) *salr*) وسالمون الباسيفيكى . لابد أن يقترن استخدام هرمون النمو أيضاً بالغذاء الوفير . من بين أنواع الأسماك الأخرى المهمة اقتصادياً هناك الصِّلُّور catfish (*Clarins* spp.) ، الذى قد تفيد زيادة معدلات نموه فى رفع إنتاج الغذاء بالعالم الثالث .

هناك عدد من أسماك القطب الشمالى يقوم بتخليق بروتينات صغيرة مضادة للتجمد ، ترتبط ببلورات الثلج عند بدء تكوينها وتوقف تقدم تكونها ، الأمر الذى يؤدى إلى خفض نقطة تجمد دم السمكة . هُندست أسماك سالمون الأطلنطى بجين لهذا البروتين المضاد للتجمد مأخوذ من سمكة فلاوندر الشتاء (*Pseudopleuronectes americanus*) . قد ينتج عن هذه التقنية أسماك تستطيع الحياة فى مياه أبرد ، فترفع بذلك إنتاجها بِمَدٍّ مجال استزراعها إلى مناطق جديدة . هُندس السالمون أيضاً بحيث لم يعد يهاجر من المياه المالحة إلى المياه العذبة ، فبدلاً من أن تعود الأسماك كى تضع بيضها إلى الأنهار التى فقست بها ، فإنها تبقى لتعيش وتتغذى فى المحيط ،

ليزداد بذلك نموها ، بما يعنى ذلك من زيادة عائدها الاقتصادى . ولقد دُمجت فى الأسماك أيضاً ، للتجريب ، جيناتٌ لمقاومة الأمراض .

للهندسة الوراثية إذن إمكانات كامنة هائلة للمضىّ فى التحسين الوراثى الذى تم فى أصناف نباتات المحاصيل وحيوانات المزرعة وسلالات البكتريا ، بخاصة خلال النصف الثانى من القرن العشرين . هناك قائمة مذهلة من البكتريا والنباتات المهندسة وراثياً تُسْهِم الآن بالفعل فى إنتاج الغذاء . فالبكتريا المحوّرة وراثياً تصنِّع العقاقير والإضافات الغذائية ، وتسهم فى نفس الوقت فى إنتاج الجبن وغيره من الأطعمة . وهناك فى الحقل بكتريا محورة توقف تلف الفراولة بسبب الصقيع . هُندست ثمارٌ لها تركيب مختلف وحياة أطول على الرف . هُندست محاصيل لمقاومة الآفات والأمراض ، ولتَحَمُّلِ مبيدات الحشائش بحيث تصبح مقاومةُ الحشائش أكثر كفاءة . أما المنتجات الغذائية من الأسماك والماشية والدواجن عبر الجينية فستجد طريقها قريباً إلى رفوف السوبر ماركت . لقد أصبحت الأغذية المحورة إذن ، وبسرعة ، جزءاً من طعامنا . سنفحص فى الفصول التالية كيف أمكن إنجاز هذه التحسينات الوراثية ، ولماذا حدثت .

الفصل الثانى

ما هى الهندسة الوراثية ؟

هدف الهندسة الوراثية هو أن نولج فى كائن حى خصائصَ معينةً ، أو أن نعززها أو أن نقتضبها . يتم هذا بمنابلة الجينات . والغرض من هذا الفصل هو أن نوضح ماهية الجينات ، وكيف تعمل ، وكيف يمكن منابلتها أثناء إجراء الهندسة الوراثية . سيكون توكيدنا على المحاصيل التى استُخدمت فى الأطعمة المهندسة وراثياً .

الدنا DNA

الجينات وحدات عاملة من جزىء إسمه الدنا DNA (الحامض النووى الديوكسى ريبوزى deoxyribonucleic acid) . تتضمن الهندسة الوراثية ، أى تكنولوجيا الدنا المُطَعَّم recombinant DNA ، إيلاج جين أو جينات من نوع إلى نوع آخر . يحتوى الدنا على المعلومات الوراثية ، ويسمى مجموع الدنا بالكائن الحى باسم الجينوم genome . أوضح جيمس واطسون وفرانسيس كريك عام ١٩٥٣ تركيب الدنا فى صورة لولب مزدوج ، يتألف من جديلتين strands من الدنا تنضفران حول بعضهما ، تحفظهما معاً روابط ضعيفة تربط القواعد bases ، وهذه أجزاء من الجزىء متباينة فى تركيبها الكيماوى . هناك من القواعد فى الدنا أربعة : أدنين (أ) وثايمين (ث) وسيتوزين (س) وجوانين (ج) . تتشكل أزواج القواعد base pairs بين جديلتى الحامض النووى ، فيقترن الأدنين دائماً مع الثايمين ، والسيتوزين دائماً مع الجوانين . وكلٌّ من تحت وحدات جديلة الدنا ـ التى يقال لها نوتيدة nucleotide ـ تحمل قاعدة واحدة . يمكن أن تنظر إلى تركيب الدنا على أنه

سلم حلزونى helix تُشَكِّل السلالمُ فيه أزواجَ القواعد . يقال لتتابع القواعد على الجديلتين إنه متكامل . إذا عُرِف تتابع القواعد على جديلة أمكن بسهولة تحديد التتابع على الجديلة الأخرى من اللولب ، وذلك بسبب الطريقة التى تقترن بها القواعد . فعلى سبيل المثال إذا وجدت القاعدة أعلى جديلة فمن الممكن أن نستنبط فوراً وجود القاعدة (ث) على الجديلة الأخرى . يشكل تتابعُ القواعد على طول جديلة الدنا الشفرةَ الوراثية ge-netic code . والجين gene وحدة متميزة تُوَرَّث ، تمثل موقعاً محدداً على جزىء دنا ،له تتابع من القواعد ذو وظيفة محددة . بتقنيات الهندسة الوراثية ننقل الجينات بين الأنواع لإنتاج كائنات عبرجينية transgenic . وهذا أمر ممكن لأن الشفرة الوراثية عالمية ، هى «لغة» تشترك فيها كل أشكال الحياة .

يوجد الدنا بكل حقيقيات النواة eukaryotes(نعنى كل الكائنات عدا البكتريا) دائما فى صورة تراكيب مزدوجة تسمى الكروموزومات ، وهذه تتألف من جدائل طويلة من دنا وبروتين وقد صُرَّت بإحكام . تستقر الكروموزومات داخل النواة ، مركز التحكم الرئيسى بالخلية . هناك عُضَيَّات خلوية أخرى تحمل أيضاً دناها الخاص ، مثل الميتوكوندريا mitochondria المسئولة عن إنتاج الطاقة بخلايا الحيوان ، ومثل البلاستيدات الخضراء أى الكلوروبلاستات chloroplasts المسئولة عن التمثيل الضوئى بخلايا النبات . فى أثناء الانقسام ، يُعاد تنسيق الدنا بالنواة ، وتنقسم الكروموزومات المقترنة ، لإنتاج الخلايا التناسلية (البويضات والحيوانات المنوية وحبوب اللقاح) التى تحمل نصف المادة الوراثية بالخلية العادية . تتحد الخلايا التناسلية لفردين لتعطى نسلهما . يُسهم كلٌّ من الأبوين بنسخة أو أَلِّيل من كل جين لكل فرد من نسلهما ، أما دنا الميتوكوندريا والكلوروبلاستات فلا يعاد تنسيقه وإنما ينتقل كما هو إلى النسل من الأم . ليس للبكتريا (بدائيات

النواة prokaryotes) نواة ، وإنما يتوزع الدنا بالخلية فى تراكيب تسمى بلازميدات plasmids .

تمثيل (تخليق) البروتين

تُغَيِّر الهندسة الوراثية من خصائص الكائن الحى ، ذلك أن الجينات المُنَابَلَة توجه تمثيل synthesis بروتينات . يقال إن الجين قد عُبِّر عنه expressed إذا ما صُنِّع البروتين الذى يشفر له . تتألف البروتينات من سلسلة طويلة ، أو أكثر ، من الأحماض الأمينية amino acids . وأهم البروتينات التى يشفِّر لها الدنا هى الإنزيمات ، التى تنظم كل العمليات البيوكيماوية داخل الكائن ، بما فى ذلك منابلة الدنا نفسه . وعلى هذا يستطيع المهندس الوراثى بتحوير فعل الإنزيمات أن يحور أى تفاعل بيوكيماوى بالكائن ، ليُحْدِث تغيراً مرغوباً فى صفة ما . سنصف فيما يلى باختصار كيف تُشَفِّر الجينات للبروتينات . هناك عمليتان أساسيتان : نقل الشفرة الوراثية من الدنا إلى جزىء مرسال messenger وسيط (النَّسْخ transcription) ، وتركيب البروتين من الشفرة الموجودة على هذا الجزىء المرسال (الترجمة translation) .

يتطلب النسخ حامضاً نووياً آخر اسمه الرنا RNA (الحامض النووى الريبوزى) . يختلف الرنا عن الدنا فى احتوائه على سكر مختلف (الريبوز بدلا من الديوكسى ريبوز) وفى أن به قاعدة يوراسيل (ى) بدلاً من الثايمين فى الدنا . هناك من الرنا أنواع مختلفة لها وظائف مختلفة . يتشكل الرنا المرسال (رنا ـ م mRNA) أثناء عملية النسخ . الدنا كما رأينا جزىء طويل يوجد عادة داخل نواة الخلية ، أما الرنا –م فهو جزىء أصغر وأكثر حركة يمكنه أن يحمل الشفرة الوراثية لجين ، بعد نسخ دناه ، إلى خارج النواة داخل السائل الهلامى بالخلية (السيتوبلازم) لينقلها إلى تراكيب تسمى

الريبوزومات ribosomes حيث يتم تمثيل البروتين . يلزم لنسخ الدنا أن يُفَكَّ إلى جديلتين مفردتين كى يُكْشَفَ عن القواعد . يُخَلَّق الرنا – م باستمرار أثناء العملية إذ تُخَلَّق قواعدُه المكملةُ لقواعد الدنا ـ فإذا وجد مثلاً القاعدة (ث) على جديلة الدنا نَسَخ منها (أ) . يقوم اللولب المزدوج بِصَرِّ نفسه ثانية مع تقدم النسخ على واحدة من جديلتيه . يتوقف النسخ عندما يتم تشفير الجين على الرنا – م . يمكن أن تتكرر العملية مرات عديدة . الرنا – م إذن هو نسخة مكملة أى معكوسة من الجين الذى سيُعَبَّر عنه .

يُعَقِّد عملية النسخ فى النباتات وفى غيرها من الكائنات حقيقية النواة ، أن الجينات كثيراً ما لا تكون تتابعات مشفِّرة مستمرة على طول جزىء الدنا ، بل تعترض المناطقَ المشفِّرةَ فيها ، التى تسمى الإكسونات exons ، مناطقُ غيرُ مُشَفِّرة تسمى الإنترونات introns . تُستأصل مناطقُ الإنترونات من الرنا – م مباشرة ، عن طريق إنزيمات تقطع جديلة الحمض النووى على كل من جانبى منطقة الإنترون ثم تصل أو تلحم مناطق الإكسونات سوياً ، لينتج عن ذلك جزيئات من الرنا – م تحمل تتابعات مستمرة مُكَمِلَة مُشَفِّرة .

تتم عملية ترجمة الشفرة الوراثية من الرنا – م ، إلى جزيئات بروتين ، على الريبوزومات . يُحَدِّد التتابعُ المشفِّر على الرنا – م تتابعَ الأحماض الأمينية العشرين الممكنة فى البروتين الذى يجرى تمثيله ، والأحماض الأمينية هى أحجار بناء البروتينات . يشكل نمطٌ آخر من الرنا اسمه الرنا الناقل (رنا – ن) الحلقةَ النهائيةَ بين الرنا – م والبروتين . هناك عشرون صورة من الرنا – ن ، يصل كلٌّ منها نفسَه بحمض أمينى مختلف . تتحد الأحماض الأمينية مع بعضها عندما يرتبط أحد طرفى جزىء الرنا –ن مع التتابع المشفِّر المناظر على الرنا – م . تترجِم الرناوات –ن كل الشفرةَ الوراثية على جزىء الرنا–م بهذه

الطريقـة ، لتنتج سلسلة الأحـمـاض الأمـينيـة . من الممكن أن يُتـرجَم كل جزيء مرات كثيرة ، لتشكيل الآلاف من جزيئات البروتين .

الجينات النطاطة

أُطلق اسم المبدأ الرئيسى على العملية أحادية الاتجاه لتدفق المعلومات من الدنا ، عبر الرنا–م ، لإنتاج البروتين . كان هذا المبدأ لسنين طويلة هو المركزى بالنسبة للبيولوجيا الجزيئية . وقد ظُن أنه مبدأ منيع لا تُنْتَهك حرمته . على أن تدفق المعلومات لـم يعد يُعتبر الآن أحادى الاتجاه ، فهناك مجموعة من الفيـروسـات ، تسمى الفيـروسات الارتجاعيـة retroviruses ، تسـتطيع أن تعكس تـدفق المعلومـات من الرنا–م إلى الـدنا ، مسـتخـدمةً إنزيماً اسمـه إنزيم النسخ العكسى . يمكن لهـذا الإنزيم أن يُركِّب الدنا من قـالب رنا – م . وفيـروس نقص المناعـة البشـرى (HIV) واحـد من هذه الفيـروسـات . ولقـد غـدت إنزيماتُ النسخ العكسى المعـزولة من البكتـريا والفيـروسـات أدواتٍ خطيرةً من أدوات الهندسة الوراثية .

يُشْتَبَه الآن فى أن المعلومات قد تمر أيضاً من بروتين إلى بروتين . هناك زمرة من الأمراض العصبية المُعْدية ـ التهابات الدماغ الإسفنجية المرضية spon-giform encephalopathies ـ تُمَرَّرُ المعلومات عن طريق آلية نسخ تتضمن بروتيناً اسمه البريون prion ، دون ما تدخل لحمض نووى على ما يبدو . من بين هذه الأمـراض مرض جنون البـقـر B S E . ونظراً لعـدم وجـود حـمض نووى ، فإن الحرارة المرتفعـة والأشعـة فوق البنفسجيـة لا تسـتطيع أن تقـتل العامل المُعْدى . ولقد أُلْمِح إلى أن للحوم الأبقار المصابة بهذا المرض دخلاً فى ظهور شكل جديد من مرض كرويْتسفيلد ـ ياكوب Kreutzfeldt _ Jakob فى الإنسان .

ولقد ظُن يوماً أن الجينومات ثابتة ، اللَّهم إلا من طفرات عشوائية ، وأنها تمر

دون تغيير من جيل إلى جيل . لكن الجينوم يعتبر الآن أكثر سيولة وديناميـة من هذا . كانت باربره ماكلينتوك هى أول من قدم فكرة «الجينات النطاطة» jumping genes ، عوامل متحركة تقفز من موقع على الكروموزوم إلى موقع آخر . ولقد تأكد وجود هذه العوامل فى السبعينات ، وتُسمى الآن الترانسبوزونات transposons . والترانسبوزونات شائعة فى البكتريا ، وهى فيها تنسخ نفسها ، كما يمكنها أن تدمج نفسها فى أى مكان بالجينوم حيث قد تسبب خللاً خطيراً فى عمل الجينات . وهى منتشرة أيضاً فى النباتات حيث تسمى «العوامل المتنقلة» transposable elementså . يحمل نبات الذرة مثلاً بضعة أنماط من هذه العوامل التى تقوم بتحريك الجينات داخل الجينوم . يمكن للعوامل المتنقلة من دنا الميتوكوندريا أو الكلوروبلاستات ـ والتى تشكل ما قد يصل إلى ٢٥٪ من الدنا الكلى للخلية فى أنواع كالذرة والذرة العويجة وبنجر السكر ـ أن تنتقل إلى النواة ، ومن النواة إلى عُضيات organelles أخرى .

نعرف الآن أن الجينات يمكن أن تتعرض لتغيرات جذرية أثناء حياة الكائن الحى ، وأنها قد تخضع لتغذية استرجاعية وتنظيم أيضى ، بل وإنها قد تُمَرَّر ما بين الأنواع ، وذلك من خلال فعل الفيروسات والبكتريا . من الممكن أن يحوَّر فعل الجين استجابة للبيئة . ثمة دراسة خلافية منذ عام ١٩٨٨ اقترحت أن الميكروبات «توجِّه» ما يجب أن يحدث بها من طفرات على أساس ما ستفيده منها ، ويُظَن الآن أن ثمة عوامل بيئية تُنتج تغيرات موروثةً فى فعل الجين ، وذلك فى كوكبة من الحيوانات ، الثدييات من بينها . فلقد أوضح باحثون بمعهد بابراها بإنجلترا وبالجامعة الحرة ببرلين ، أنه على الرغم من أن التغيرات المكتسبة فى التتابع المشفَّر لا يمكن أن تورث ، إلا أن التحويرات التى تحدث بفعل البيئة فى طريقة عمل الجينات يمكن أن تورث للنسل .

تُشَفِّر معظم الجينات لبروتينات ، لكن الجينات لها وظائف تنظيمية محددة ، كما تتحكم فى تعبير غيرها من الجينات . يمكن لكل الجينات أن تعمل فى تحديد آثار أى جين آخر من خلال تغييرات بيئية دقيقة . يُعتبر الجينوم الآن شبكة من جينات متفاعلة ، لا تتابعاً خطّيا من جينات تعمل مستقلة . أصبحت الجينات الآن أكثر مرونة وأكثر دينامية مما كان يُظن حتى منذ عقدين فقط من الزمان . لصورة الجينوم هذه تضميناتها بالنسبة للهندسة الوراثية .

الإنزيمات : عدّة المهندس الوراثى

الإنزيمات بروتينات تعزز أو تحفز تفاعلات كيماوية معينة . تستخدم الخلايا الإنزيماتِ فى حفظ الدنا ونَسْخه . يستغل المهندس الوراثى هذه الإنزيمات كأدوات ينابل بها الدنا . للمهمات المختلفة إنزيمات مختلفة : فك جديلتى الدنا ، بتر الدنا فى نقاط معينة ، نسخ الدنا ، قراءة الدنا بحثاً عن الأخطاء ، لصق مقاطع من الدنا داخل الجينوم . تَبْرُز الإنزيمات - التى تنتهى أسماؤها عادة بحرفى « . . .يز» - تبرز بوضوح فى أى مناقشة للهندسة الوراثية . هى توفر العدة للمنابلة الوراثية ، وإنتاجها من الجينات الغريبة المنقولة يوجه ما نلحظه من تغيرات فى الصفات بالكائنات عبر الجينية .

تعمل إنزيمات التحديد restriction enzymes فى تمزيق الدنا الغريب . تقوم البكتريا - طبيعياً - بحشد هذه الإنزيمات لبتر دنا ما يهاجمها من فيروسات ، وهذا يحدد من نمو الفيروس ، ومن هنا الاسم . فإذا ما حدث ونجح فيروس فى تمرير جيناته إلى جينوم بكتيرة ، أَمِنَ شَرَّ إنزيمات التحديد هذه ، وشرع فى السيطرة على الخلية . وإنزيمات التحديد لا تبتر دنا الخلية التى تنتجها ، وهذا يرجع إلى فعل إنزيماتِ تُحور القواعد ، فتمنع إنزيمات التحديد من التعرف على التتابعات المشفِّرة التى تبترها عادة . على أن هناك التحوير لا يؤثر على اقتران أزواج القواعد .

فى عام ١٩٧٠ تم أول عزل وتعريف لإنزيمات التحديد . ولقد أمكن الآن تعريف بضع مئات منها ، لكلٍ وظيفته الخاصة الدقيقة . ين عرف كل إنزيم تحديد على تتابع دناوى بذاته ، ويبتر فيه ما بين قاعدتين بذاتهما . وقد يكون القطع «لزجاً» وقد يكون «جافاً» . وإنزيمات التحديد التى تُحدث القطْع اللزج هى الأكثر فائدة ، لأنها تترك بضع قواعد مكشوفة ، فيما يسمى بالأطراف اللزجة sticky ends ، فترتبط على الفور بالقواعد المكملة من دنا من مصادر مختلفة . لكن اتصال الأطراف اللزجة لا يُنتج إلا رباطاً ضعيفاً . من الممكن الوصول إلى روابط أقوى بين شظايا الدنا باستخدام إنزيمات الوصل أو الليجيزات ligases ، ومهمة هذه الإنزيمات فى الخلية هى إصلاح أعطاب الدنا . تحفز الليجيزات تشكيل الروابط بين سكر الديوكسى ريبوز وبين الفوسفات ، الروابط التى تصل النوتيدات فى سلاسل الحمض النووى . يُطْلَق على الدنا الناتج عن وصل شظايا من كائنين مختلفين اسم الدنا المُطَعَّم recombinant DNA .

تُعْرَض الآن تجارياً كوكتيلات من إنزيمات تحديد مختلفة تُستخدم روتينياً فى المنابلات الوراثية . يسمى الإنزيم باسم البكتريا التى عُزل منها لأول مرة ، فالإنزيم إيكو ر-١ Eco RI عزل لأول مرة من بكتريا إيشيريشيا كولاى . وهذه الإنزيمات جميعاً تقطع الدنا عند تتابعات مشفِّرة مختلفة .

إذا عرفنا التتابع المشفِّر لجين أمكن أن نُصنِّعه فى المعمل . وماكينة الجينات ، أو المُخَلِّق الأتوماتيكى للدنا ، يحاكى إنزيم بلمرة الدنا فى « لَضْم » النوتيدات سوياً ، وإنما يكون ذلك هنا بأمر يُصْدِره إنسان لا تقرره جديلة دنا مكملة . أصبحت هذه الآلات الآن جزءاً أساسياً من تجهيزات معامل البيولوجيا الجزيئية molecular biology . تُخَزَّن تتابعات الجينات الهامة كبرامج تسمح بتصنيع الجينات المُخَلَّقة synthetic فى سهولة وسرعة . ومن

الممكن أن تستعمل هذه الآلات أيضاً فى تحوير التتابع المشفِّر ، لإنتاج بروتينات جديدة تماماً . يعرف هذا باسم هندسة البروتينات ، ومن المرجح أن يصبح لهذه الهندسة شأن متزايد فى المستقبل . يمكن مثلاً بتغيير قاعدة واحدة فى تتابع مشفِّر أن نغير حمضاً أمينياً واحداً فى بروتين ، ومن الممكن أيضاً أن نغير فى الأحماض الأمينية بالبروتينات لنمنحها خصائص إضافية - مقاومة الحرارة مثلاً .

قد يُستعمل مُخَلِّق الدنا DNA synthesizer فى تركيب جينات مصنَّعة لا تحمل المناطق غير المشفِّرة ، أى لا تحمل الإنترونات introns ، تلك الشائعة فى جينات حقيقيات النواة . لمعرفة تتابع القواعد لمثل هذه الجينات ، نحصل أولاً على الرنا – م من خلية ، ثم نصنع منه نسخة من الدنا المكمل (دنا–م) باستخدام إنزيم النسخ العكسى reverse transcriptase . سيكون الرنا–م الناضج قد تخلص بالفعل من التتابعات غير المشفِّرة ، لينتج لدينا دنا وحيد الجديلة لا يحمل مناطق الإنترونات الموجودة بالدنا الأصلى . وهذا أمر مهم بالنسبة لجينات النبات والحيوان التى تُنقل إلى بدائيات النواة ، فليس للخلايا البكتيرية القدرة على بتر المناطق غير المشفِّرة بالجينات عندما تَنْسخ الرنا–م من الدنا .

طرق نقل الجينات إلى نباتات المحاصيل

التحوير الوراثى ، لإنتاج نبات عبرجينى ، يعنى اندماجاً ثابتاً لجين غريب فى جينوم نبات جُثِّر regenerated من خلايا طبيعية أو خلايا نُزِعت جُدُرها (بالإنزيمات) ، تسمى البروتوبلاستات proroplasts أو الخلايا العارية . لابد أن تكون التحويرات قابلة للتوريث ولابد أن تعطى بذورُ النباتات عبر الجينية نباتات يعبِّر فيها الجين الغريب عن نفسه . تُكَثَّر الجينات ، أى تُكَلْوَن ، ثم تنقل إلى داخل النباتات فى ناقلات ، عادة ما

تكون من تلك التراكيب الحلقية الصغيرة من دنا البكتريا ، والتى تسمى البلازميدات plasmids . تستعمل إنزيمات التحديد فى بتر الناقل لتسمح بإيلاج الجين فيه ، ثم تقوم إنزيمات الوصل (الليجيزات) بإعادة لحامه . وحتى بداية التسعينات كانت معظم تجارب نقل الجينات تجرى باستخدام ناقل بكتيرى يحمل الجينات إلى جينوم النبات . ثم تزايد فى التسعينات استخدام طرق النقل المباشر للدنا باستعمال قاذفات دقيقة . هناك طرق أخرى لنقل الدنا قد تكون لها قيمتها فى بعض الظروف الخاصة ، من بينها الثَّقْب بالكهرباء electroporation أو بالموجات الصوتية ، وفيها تقوم الصدمات الكهربائية أو الموجات الصوتية بثَقْب غشاء الخلية لإدخال الدنا الغريب . لا يمكن أن ينجح نقل أى جين غريب دون وجود آلية تنظيم الجين الصحيحة ، فإما أن ننقل هذه مع الجين الغريب ، وإما أن تكون فى مكانها بالفعل بالكائن الذى إليه يُنْقَل الجين .

الناقلات الفيروسية وتنظيم الجين

للفيروسات صفات عديدة تقترحها كناقلات vectorsملائمة تُحْمَل عليها الجينات إلى نباتات المحاصيل . فالحمض النووى بالفيروسات يُعدى النبات مباشرة ، ومن الممكن أن يتم النقل ببساطة بأن تُحَكّ ورقة النبات بمحلول يحمل الفيروس . وإذا ما دخل الفيروس النبات انتشر إلى كل خلية فيه ، وهذا يعنى ألا ضرورة لأن نُجَثِّر النباتات من خلية واحدة . لفيروسات النبات أيضاً مجال عريض من العوائل .

تسمى الفيروسات التى تهاجم البكتريا باسم الفاجات bacteriophages . يشيع استخدام فاج يهاجم بكتريا إ .كولاى فى نقل الجينات إليها . استخدمت ناقلات فيّروسية أيضاً فى نقل الجينات إلى النباتات . لكن ، على الرغم من المزايا العديدة للفيروسات ، فإن مناقبها ومخاطرها المحتملة قد

تسببت فى وقف استخدامها كحاملات لنقل الجينات . الفيروسات عوامل مُمْرِضة تُضعف النباتات ، والحامض النووى للفيروسات لا يندمج فى جينوم النبات لإنتاج تحولات ثابتة ، ولمعظم الفيروسات دنا وحيد الجديلة أو رنا ، ومنابلة مثل هذا الدنا أو الرنا أكثر صعوبة من منابلة الدنا ثنائى الجديلة .

على أن الفيروسات توفر بالفعل الجينات المنشطة promoters التى تُستخدم لإنتاج مستويات عالية من تعبير الجين الغريب داخل النباتات عبرالجينية . تُستغل لهذا الغرض منطقة من جينوم الفاج الناقل . ثمة جينات منشطة من فيروس القرنبيط الموزايكى (ف ق م ca MV) تستعمل أيضاً بكثرة . وهذه الجينات بالذات مريحة لأنها تأتى من الزمرة الوحيدة من الفيروسات التى تحمل دنا مزدوج الجديلة . تعبِّر الجينات المنشطة هذه عن الإنزيمات التى يستخدمها الفيروس طبيعياً للسيطرة على الآلية الوراثية لخلية البكتريا أثناء دورة العدوى . يستغل المهندسون الوراثيون هذه الخصيصة فى دفع جينوم النبات إلى التعبير عن الجينات الغريبة . توضع الجينات المنشطة فى ناقلات (التى عادة ما تأتى من بلازميدات بكتيرية) ومعها الجينات الخاصة بالصفات المرغوبة وجينات الوسم المختارة . يسمى هذا الناقل الكامل أحياناً باسم قاطرة النقل vector construct .

الناقلات البكتيرية : طريقة الأجروبكتيريوم

حُوِّرت أول النباتات عبرالجينية (الطباق والبيتونيا والقطن) باستخدام أجروبكتريوم توميفاشنس *Agrobacterium tumefaciens* كناقل . تسبب بكتيرة التربة هذه مرض التدرن التاجى crown gall فى النبات ، كما تسبب بكتيرة التربة أجروبكتريوم ريزوجينيس *A. rhizogenes* مرض الجذور الشعرية hairy root disease . تصيب هاتان البكتيرتان طبيعياً ما

يزيد على مائة من أنواع النبات ، وتسبب بها نموات شاذة إذ تنقل بعضاً من جيناتها داخل جينوم النبات . إنهما في الواقع مهندسان وراثيان طبيعيان ! توجد الجينات المسئولة عن نقل الجينات في البلازميدات ، ومنها نوعان : بلازميدات تى Ti (حافزات الأورام) وبلازميدات رى Ri (حافزات الجذور) .

تبدأ العدوى الطبيعية لعدوى أجروبكتريوم عندما تنجذب البكتريا من التربة نحو المواد الكيماوية التى تخرج من جرح فى نبات . ترتبط البكتريا بخلايا النبات فى المنطقة المجروحة ، حيث يتم نقل الدنا إليها . يندمج هذا الدنا فى الدنا النووى للنبات . لا يُنقل إلى النبات إلا جزء محدد صغير نسبياً من البلازميد ، منطقة تسمى دنا – ت T- DNA . تقوم جينات هذه المنطقة فى العدوى الطبيعية بتوجيه النبات إلى تخليق هرمونات ومركبات أحماض أمينية تحول مركّبات النبات عادة إلى مواد تحتاجها البكتريا . هناك جزء آخر من البلازميد ـ هو منطقة الضراوة (فيرvir) ـ يحمل جينات تُوجه العملية الفعلية لنقل الجينات ، لكن جينات هذه المنطقة لا تُنْقل إلى النبات . وعلى هذا فإن جينات الدنا – ت ذاتها لا تدخل فى ميكانيكية عملية النقل ، الأمر الذى يعنى إمكان حذف منطقة الدنا ـ ت هذه كاملة ، أو أجزاء منها ، ثم نستطيع مع ذلك أن نجرى نقلاً ناجحاً إلى جينوم النبات . يستغل المهندسون الوراثيون هذا إذ يحاكون دورة العدوى الطبيعية بالمعمل ، مستخدمين مناطق دنا ـ ت مُحورة تحمل جينات غريبة .

يُكَلْوَنُ أولاً جين الصفة التى تهمنا حتى نوفر منه قدر كاف للنقل . تتم هذه العملية داخل ناقل كَلْونة فى عائل بكتيرى مناسب ـ عادة ما يكون إ .كولاى ـ ثم يدمج الناقل المركّب ، الذى يحمل أيضاً المنشط وجينات الوسم ، داخل بلازميد تى أو رى من الأجروبكتريوم ليحمله إلى نسيج

النبات . يكون هذا البلازميد وقد عُوِّق ، وذلك بحذف الجينات التى تؤدى طبيعياً إلى الورم أو التدرن . وهذا التعديل يعنى أن خلايا النبات المحور ستعطى نباتات خصبة طبيعية المظهر . هناك ثلاث طرق أساسية للحصول على نسيج نباتى محور . فقد يُجرح نسيج الساق ويلقح بالأجروبكتريوم إما بالحقن أو بدهان سطح مقطوع بمحلول يحمل البكتريا ، ولقد تُشكَّل بروتوبلاستات (خلايا عارية) تُتْرَك يوماً أو يومين حتى تبدأ الجُدُر فى التشكل ثانية ، ثم نضيف الأجروبكتريوم ، ولقد نلقح فى طبق تبرى قطعاً من النسيج النباتى بمحلول يحمل البكتريا . تُستعمل بعدئذ تقنيات زراعة الأنسجة لإنتاج أعداد كبيرة من النباتات . لاستخدام الخلايا العارية مزاياه لأن عدم وجود جدر للخلايا يسهل دخول الجينات الغريبة إليها ، كما سيكون للنباتات التى تُجَثَّر منها تركيب وراثى متماثل . لكن ، أيًا كانت الطريقة فإن نسبة صغيرة فقط ستغدو نباتات عبرجينية مستقرة . فإذا حدث دمج الدنا كما نريد ، فالمفروض أن تتمكن البذور من أن تنمو إلى نباتات تحمل الصفة المُهَنْدَسة . يمكن عندئذ أن تستعمل النباتات الحاملة الجين الغريب فى برامج تربية النبات التقليدية المألوفة .

وطريقة نقل الجينات باستخدام الأجروبكتريوم كحاملٍ طريقةٌ مجهِدة ، كما أن لها قيداً رئيسياً ، ذاك أن الأجروبكتريوم لا يصيبُ طبيعياً أنواع النبات من ذوات الفلقة الواحدة ، التى تضم محاصيلَ الحبوب كالأرز والقمح والذرة ، وعائلةَ الأبصال . فإذا تغاضينا عن بعض التحويرات والنجاحات المحدودة ، فإن هذا النظام لا يزال فعالاً بحق فى محاصيل ذوات الفلقتين فقط ، كالبطاطس والطماطم وفول الصويا وبنجر السكر . أما عقبة تحوير محاصيل الحبوب فقد تخطّاها جزئياً فى أواخر الثمانينات علماءُ من شركة ساندوز Sandoz(وهى الآن جزء من شركة نوفارتيس Novartis) إذ

تمكنوا من تحوير بروتوبلاستات الذرة باستخدام الثَّقْب الكهربائى . لكن ، أتيحت بسرعة طرق النقل المباشر لتتغلب على المصاعب بمجهود وعمل أقل .

قاذفات الجينات

طُورت فى أواخر الثمانينات طرق فيزيقية لنقل الجينات لا تتطلب استخدام البكتريا ويمكن أن تستعمل بسهولة فى النباتات ذوات الفلقتين وفى ذوات الفلقة الواحدة . ربما كانت أهم هذه الطرق الفيزيقية هى الطرق التى تستخدم القذف بالجسيمات ، وقد طَورتها ـ مستقلة ـ مجموعتان بحثيتان أمريكيتان : « الطريقة البيولستية» biolisticå لجون ستافورد وزملائه بجامعة كورنيل ، و« طريقة آكسيل» Accellå لدينيس ماكّيب وزملائه بشركة أجراسيتوس .

فى الطريقة البيولستية تُطْلى جسيمات من التنجستين أو الذهب بالدنا ، ثم تقذف بالفعل إلى داخل خلايا النبات باستخدام انفجار البارود فى قاذفة جسيمات . تُعَجَّل سرعة الجسيمات حاملة الدنا لتخترق جدار الخلية وتدخل كاملة إلى خلايا النبات دون أن تقتلها . ومع عبور الجسيمات لجدار الخلية تَتَقَشَّر عنها الجسيمات وتبقى بالخلية . استخدم المجربون فى البداية خلايا بِشْرة البصل لمعرفة إمكانات التقنية ، أما الدنا المنقول فى تقنيات القذف بالجسيمات فقد كان فى صورة ناقل مُرَكَّب ـ تماماً مثل طريقة الأجروبكتريوم ـ يحمل جينات منشطة وجينات وسْم مختارة . وَثَّقَت شركة دوبونت Du Pont حقوق استعمال قاذفة كورنيل البيولستية للجينات فى تطوير بذور المحاصيل التجارية عبر الجينية .

أما طريقة آكسيل Accell فَتُعَجَّلُ فيها الجسيمات عن طريق التفريغ الكهربائى ، لتُدْفَع جسيماتُ الذهب المطلى بالدنا إلى داخل المادة النباتية . وعلى الرغم من أن الفارق بين قاذفتى الجينات gene guns ليس كبيراً ، إلا أنه كان

كافياً لتوثيق براءتين مختلفتين فى أواخر الثمانينات . كانت براءة أجراسيتوس Agracetus ذرائعية فى منح الشركة حقوقاً واسعة على المحاصيل المحورة وراثياً (انظر الفصل العاشر) . ولقد كانت شركة أجراسيتوس Agracetusهى أول شركة نَقَلَتْ جينات غريبة إلى فول الصويا (حدث ذلك عام ١٩٨٨) . قامت شركة مونسانتو بالتعاون مع شركة أجراسيتوس بتطوير فول صويا مقاوم لمبيد الحشائش راوند أب ريدى Round up_ Ready .

عندما يُحوَّر النسيج النباتى باستخدام القذف بالجسيمات ، سنجد أن النباتات المُجَثَّرة regenerated عنه كيميريّه ، فالخلايا ليست جميعاً حاملة للجينات الغريبة ، ذاك لأن القذف العشوائى لا يؤثر إلا فى نسبة ضئيلة من الخلايا . وهذا يختلف بوضوح عن النباتات المجثرة من البروتوبلاستات فى نظام الأجروبكتريوم ، إذ تكون هذه ذات تركيب وراثى متماثل . واستخدام واسمات مختارة أمر مطلوب لفرز وترسيخ نسل النباتات المحورة بالقذف بالجسيمات ، كما أن كفاءة إيلاج الجينات الغريبة فى خلايا سليمة كفاءة منخفضة إذا قورنت بكفاءة الناقل البكتيرى ـ وإن كانت تتحسن مع التطويرات التى تجرى فى تكنولوجيا قاذفة الجينات . على أن النقل المباشر للجينات بطرق القذف الدقيق تتطلب أقلَّ منابلةٍ لخلايا النسيج الهدف ، ثم إنها متعددة الاستعمالات ، فعالة ومرنة ، ويمكن استخدامها لتحويل أى نوع نباتى ، وأى نمط من خلايا النبات أو أنسجته ـ وعلى هذا فهى تنجح فى إنتاج نباتات محورة من أنسجة لا يمكن تحويرها باستخدام الأجروبكتريوم أو غيره من الطرق . لهذه الأسباب فإن الأرجح أن سيتزايد تفضيل تقنية النقل المباشر .

تُنْتَج الحيوانات والأسماك عبرالجينية بطريقة إيلاج فيزيقية أو مُبَاشِرة : الحقن الدقيق . تؤخذ البويضة المخصبة من الحيوان ثمَّ تُحْقن بالدنا الغريب بمحقنة صغيرة . يَدْمج الدنا المحقون نفسه عشوائياً فى الكروموزومات . يندمج

بهذه الطريقة الكثير من الجينات ، وإن كان الشائع ألاَّ تنجح أية جينات غريبة فى الاندماج فى جينوم الخلية (أنظر الفصل الثالث) . للأسماك العديد من المزايا عند المنابلة الوراثية ، فلها معدل خصب عالٍ ، ويتم فيها إخصاب البويضات وتناميها خارج الجسم (على عكس بويضاتِ حيوانات المزرعة التى يلزم أن تُنقل إلى خارج الجسم قبل عملية إيلاج الجينات) ، كما أن للكثير من أنواعها أجنَّة شفافة . ولقد كان لتقنية الحقن الدقيق أيضاً نجاح محدود فى النباتات ، وإن كانت الجدر المتينة للخلايا تزيد من صعوبة التقنية . غير أن حقيقة أن كل خلية نباتية يمكن أن تتجثر إلى نبات كامل ، إنما تعنى أن عدد التقنيات المتاحة لإنتاج نباتات عبروراثية أكبر من تلك المتاحة فى الحيوان .

إسكات الجينات

لا تقتصر المنابلة الوراثية على نقل جينات لتعبِّر عن بروتينات ، فمن بين المنابلات طريقة لإسكات جينات silencing الكائن الحى حتى لا يُعبَّر عنها . تتضمن منابلات إسكات الجينات إخماد أو كبت الجينات باستخدام قاطرات constructs لجينات تعطيل antisense genes أو تفعيل sense genes تعوق تمثيل البروتين . يتم إسكات الجينات إما بمنع تكوين الرنا-م أو بتعويقه قبل أن يصل إلى الريبوزوم الذى به يصنَّع البروتين .

لجين التفعيل نفس التتابع المشفِّر للجين الداخلى المُسْتَهْدَف . تُصَنَّع قاطراتُ جين التفعيل من الرنا-م بسيتوبلازم الخلية باستخدام إنزيم النسخ العكسى . تُجرى تغييرات بسيطة فى الجين أو نُسَخِه العديدة قبل أن تولج فى ناقل يحملها إلى الجينوم . يتباين أثر هذه القاطرات باختلاف الموقع من الجينوم الذى ستُولج نفسها فيه . أما الآلية التى بها تمنع هذه القاطراتُ الجينَ المُسْتَهْدَفَ من العمل فلا زالت غير مفهومة .

أما جين التعطيل فله تتابع مشفِّر مكمل لتتابع الجين المُسْتَهْدَف تعطيله . من

الممكن أن يصنَّع جين التعطيل هذا بماكينة تصنيع الدنا ، ليُدْفَع إلى الخلايا على ناقل . سيُنْسَخ هذا الجين ليُنتج رنا-م مكملاً للرنا-م الذى ينتجه الجين المُسْتَهْدَفُ . ولما كان جُزَيْئَا الرنا-م هذان متكاملين ، فإنهما سيتهجنا سويا ، فَيُعَطَّل بذلك رنا-م الجين المستهدف ولا يبلغ الريبوزوم لتمثيل البروتين .

كان أول استخدام تجارى فى الزراعة لإسكات الجينات هو إنتاج طماطم ذات محتوى عالٍ من المادة الصلبة ، وحياة أطول على الرف ـ وذلك بمنع تمثيل إنزيم يتدخل فى عملية إنضاج الثمار (أنظر الفصل السادس) . يُطَوَّر الآن بهذه التكنولوجيا طابور من الفواكه والخضراوات بطيئة النضج . على أن لتكنولوجيا إسكات الجين مجالاً واسعاً من التطبيقات ، وربما كان الاستخدام الرئيسى لها فى مجال الطب ، إذ يُستغل الدنا المعطَّل فى وقف تصنيع بروتينات خطيرة تنتجها جينات بشرية ضارة فى الجسم تعمل فى تطوير السرطانات والإيدز واللوكيميا وغيرها .

زراعة الأنسجَة النباتية

زراعة الأنسجة tissue culture فى جوهرها تقنية تُنَمَّى بها الخلايا على بيئة اصطناعية مغذية . لهذه التقنيات أهميتها البالغة فى الهندسة الوراثية ، عند تحضير المادة التى ستُعَرَّض إلى الدنا الغريب ، ثم للإنتاج السريع من النباتات الكاملة من الخلايا المحورة . طُورت تقنيات زراعة الأنسجة أول ما طُورت فى الخمسينات ، عندما لوحظ أن خلايا النبات والحيوان يمكن أن تحيا مستقلة ، ويمكن أن تُنَمى فى قوارير زجاجية تحتوى على مواد مغذية . ولقد اتضح أن لخلايا النبات مزايا أكثر تعدداً ، فلكل خلية نباتية القدرة الكامنة على أن تتنامى إلى نبات كامل ، وليس من خلايا الحيوانات ما له هذه القدرة سوى الخلايا التناسلية .

عادة ما تُستعمل فى زراعة الأنسجة عيناتٌ معقمة من نسيج جديد نشيط النمو ، فمثل هذا النسيج على الأرجح لا يحمل عدوى بكتيرية أو فُطرية

أو فيروسية . يوضع هذا النسيج فى قارورة تحتوى على محلول مُغَذٍّ ، وهرمونات نباتية وكيماويات تعمل فى تنظيم نمو النبات . تتشكل فى المُستَنْبت كتلة من نسيج غير مميز ، يمكن تحويره باستعمال ناقلات بكتيرية أو بتقنيات قاذفة الجينات . تؤخذ بعدئذ عينات من النسيج لتوضع فى مستنبَت آخر حتى يمكن إنتاج عدد كبير من النباتات الصغيرة . تسمى عملية إنتاج نباتاتٍ كاملة من النسيج غير المميَّز باسم التجثير regeneration .

الجينات الواسمة

مع تطور تقنيات الهندسة الوراثية أصبح واضحاً أنْ ليس لنا أن نتوقع سوى معدلات منخفضة من التحوير . يتطلب الأمر فى نباتات المحاصيل عبرالجينية أن نتخلص من الكثير من النباتات التى لم ينجح تحويرها ، لننتخب النباتات عبرالجينية النافعة . يرجع انخفاض معدل النجاح إلى أن الدمج فى الطرق المتاحة حالياً يتم حيثما اتفق . يُدمج الدنا المنقول عشوائياً فى جينوم النبات ، كما تختلف معدلات التعبير عن الجين المنقول اختلافاً واسعاً بين النباتات المحورة . يكون الكثير من التحويرات غير مستقر ، والأرجح أن يكون تفاعل الجين المنقول مع جينات النبات متبايناً ، بسبب اختلاف الموقع من الجينوم الذى يجد الجين فيه نفسه . وعلى هذا فإن التحويرات تتطلب وجود جينات واسمة marker genes . تُنقل هذه الواسمات مع الجينات المشفِّرة للصفة المرغوبة ، وتكون مرتبطة بها ارتباطاً وثيقاً فى جينوم النبات المحوَّر .

كان من بين الواسمات markers الأولى جين لإنتاج إنزيم اللوسيفيريز luciferaseأُخِذ من ذيول حشرات ذبابة النار(*Photinus pyralis*) . ينتج عن هذا الإنزيم ، فى وجود مادة اللوسيفرين ومصدر للطاقة البيوكيماوية ، تفاعلٌ مضىء . تَستخدم ذبابة النار هذا الضوءَ فى جذب رفاق التزاوج . يتوهج نبات الطباق الذى هُنْدِس فيه جين اللوسيفيريز ، إذا ما غذِّى بمادة

اللوسيفرين ، أما النباتات التى لم ينجح الجين فى الاندماج بجينومها فلا تتوهج . من الممكن الحصول على جين اللوسيفيريز من البكتريا . كان هذا الجين الواسم واحداً من عدد من الواسمات الفرازة التى استُخدمت فى التعرف على المادة الوراثية المحورة . من بين الواسمات الفَرَّازَة الأخرى إنزيم الجلوكورونيديز glucoronidase وإنزيم بيتا-جلاكتوسيديز beta_galactosidase ، اللذان يمكن التعرف على تعبيرهما باللون الأزرق الذى يظهر عند تحضين النسيج فى المادة المناسبة .

لا تسمح الجينات الواسمة الكشّافة فقط بتمييز الكائنات أو الأنسجة النباتية المحورة ، وإنما هى قد تسمح أيضاً بانتخاب ما يحملها من كائنات أو نُسُج نباتية ، ورفض ما لا يحملها . ولقد أصبحت جينات مقاومة عدد من المضادات الحيوية antibiotics واسمات للفرد معيارية كشافةً فى أواخر الثمانينات . فتعريض الخلايا فى المستنبتٍ للمضاد الحيوى يقتل منها ما لم يستوعب جين مقاومته . تُعزل جينات مقاومة المضاد الحيوى الواسمة من الكائنات الدقيقة ، وهى تفصح عن نفسها بإنتاج إنزيمات تحلل هذا المضاد الحيوى . يكون كلٌّ من مثل هذه الجينات الواسمات فعالاً فقط ضد عدد محدود من المضادات الحيوية . ولعل أكثر هذه الواسمات شيوعاً هو واسم يُفْصِح عن إنزيم اسمه نيومايسين فوسفو ترانسفيريز neomycin phospho-transferase الذى يضفى مناعة ضد الكانامايسين kanamycin والنيومايسين neomycin وغيرهما من المضادات الشبيهة . وهناك واسمات أخرى تعبر عن إنزيمات تضفى المناعة ضد الأمبسلين وبنسلينات أخرى ، وضد الميثوتريكسيت methotrexate ، والهيجرومايسين - ب hygromycin B ، والكلورامفينيكول chloramphenicol . للمحاصيل المختلفة مقاومة طبيعية مختلفة للمضادات الحيوية ، فالحبوب مثلاً تقاوم الكانامايسين ، وعلى هذا فقد طُورت زمرة من الواسمات الفَرَّازة للاستخدام فى إنتاج المحاصيل عبر الجينية .

تستخدم الجينات الواسمات أيضاً فى تمييز ما حُوِّر وما لم يُحَوَّر من البكتريا والفُطر والحيوانات والأسماك . من الممكن أن يُستغل نفس الواسم فى مجال عريض فى الكائنات ، فمن الجينات الواسمة الشائعة الاستعمال فى الأسماك مثلاً جين اللوسيفيريز وجين النيومايسين فوسفو ترانسفيريز .

مكتبات الجينات

توجد فى أكثر من ستين دولة مجموعاتٌ نباتية تُخَزِّنُ البذور أو العُقَل . تمثل هذه المجموعات ثروة من الموارد الوراثية للمحاصيل . وعلى سبيل المثال ، فإن المعهد الدولى لبحوث الأرز بالفلبين يقتنى ستين ألف سلالة من الأرز (*Oryza sativa*) . تستغل النباتات ذات الأهمية الاقتصادية من هذه المجموعات فى برامج بحثية تهدف إلى خَرْطَنة وسَلْسَلة الجينات .

توضح خريطة الجينات gene map المواقع النسبية لكل الجينات بجينوم الكائن الحى . ولقد كانت هذه الخَرْطَنَة حتى التسعينات عملية مكلفة تتطلب من الوقت الكثير . كانت التقنيات - التى نشأت فى العشرينات - ترتكز على حقيقة أن الجيناتِ الأقربَ إلى بعضها على كروموزوم مرتبطةٌ وتنحو إلى أن تورث سوياً ، ومن ثَم يمكن ببذل المجهود أن نحدد المواقع النسبية للجينات . غير أن التقنيات الرخيصة المؤتمتة قد غدت الآن متاحة . فلقد حُددت فى الأرز مواقع مائة جين فيما بين عامى ١٩٢٠ و ١٩٩٠ ، أما فيما بين عامى ١٩٩٠ و١٩٩٤ فقد حُددت هوية عدد يتراوح ما بين عشرة آلاف وخمسة عشر ألف جين .

ومكتبات الجينات gene libraries عبارة عن مجموعات من شظايا الدنا تمثل الجينوم الكامل للكائن الحى ، وتنتج بتكسير الجينوم إلى شظايا بواسطة الإنزيمات . تُكَاثر شظايا الدنا عندئذ بإيلاج كل شظية فى بكتيرة واحدة ، تتضاعف إلى مستعمرة يحمل كل أفرادها نسخاً من الشظية الأصلية . تشكل هذه المستعمرات سوياً مكتبةً جينية حية . من الممكن إذن أن تنظم شظايا الدنا هذه لرسم خريطة الجينوم . نستطيع تحديد هوية الجينات المفردة

فى مكتبةٍ باستخدام ما يسمى مسبر الجين probe . والمسبر عبارة عن قطعة من الدنا وحيدة الجديلة تُصنع لتحمل تتابعاً مشفِّراً مكملاً لتتابع الجين الهدف . من الممكن أن توسم المسابر بفوسفور مشع كبقعة سوداء على ورق التصوير ، أو بجزيئات لاصقة تَبِينُ فى الضوء فوق البنفسجى الذى تصدره . بهذه الطريقة نستطيع أن نرى كل شرائط الدنا التى ترتبط بالمسبر .

تعتبر المكتبة الجينية لأى محصول مورداً للمادة الخام المطلوبة لهندسة هذا المحصول وراثياً بتسهيلها فرز الجينات وعزلها . يَجِد خبراء علم التصنيف أيضاً أن التتابعات الجينية المقارنة تسهل رسم خرائط الأنساب التطورية بمجال واسع من الكائنات . فلقد اتضح مثلاً أن ترتيب الجينات بجينومى القمح والأرز واحدٌ ، مما يشير إلى سلف شائع بينهما . هناك مكتبة جينية واحدة ـ هى قاعدة بيانات جينبانك GenBank ـ كانت تضم فى أوائل التسعينات ٢٧٨٠ مدخلاً أو تتابعاً من أصل نباتى ، من بينها نحو مائتى جين نووى مميز من النباتات العليا .

تهدف سَلْسَلَةُ الجينات إلى حل التتابع المشفِّر الكامل لجينوم الكائن الحى . وعلى سبيل المثال فإن مشروع الجينوم البشرى يهدف إلى تحديد هوية كل جينوم الإنسان على عام ٢٠٠٥ . أما النبات الذى يستعمله بيولوجيو الجزيئات كثيراً فهو الأرابيدوبسيز ثاليانا *Arabidobsis thaliana* ذو الجينوم الصغير ومدى الجيل القصير . سيكون هذا هو أول نبات يُسَلْسَل جينومه بالكامل ، وستُستخدم التقنيات التى تُطَور له فى سَلْسلة الجينومات الأكبر لمحاصيل الغذاء الرئيسية . أتيحت بالفعل فى عام ١٩٩٧ المواقع النسبية لجينات عدد من محاصيل الحبوب مثل الشعير والشوفان والقمح والدُّخْن millet ، ولقد تتاح على نهاية القرن التتابعات الجينية الكاملة لعدد من أهم محاصيل الغذاء . بدأت بالفعل مشاريع ضخمة لَسلْسلة الجينوم الكامل للذرة (بالولايات المتحدة) وللأرز (باليابان) .

الفصل الثالث

رفع إنتاج اللبن

وزراعة البروتينات الصَّيْدَلِيَّة

اللبن هو الغذاء الأول الأساسى للرُّضَّع ، كما أنه يشكل عنصراً رئيسياً فى أغذية الأطفال ، وهو أيضاً جزء هام فى غذاء البالغين : فى صورة جبن وزبادى وغير ذلك من المنتجات المصنوعة من ألبان الأبقار وغيرها من حيوانات المزرعة . يوفر اللبن ـ الذى تفرزه الغدد اللبنية فى كل الثدييات ـ غذاءً متزناً مغذياً لصغارها . يتباين تركيب اللبن بين الأنواع ، لكن الصغار من أى نوع مكيفون تماماً للبن نوعهم . ولبن الأبقار سائل معقَّد بأكثر مما تقترحه الصورة الشائعة عنه كشراب منعش . إنه يتألف من ٦٧٪ ماء ، و ٣,٦٪ دهن ، و٣,٣٪ بروتين (معظمه كازين) ، ٤,٧٪ لاكتوز أى سكر لبن ، وعدد من الفيتامينات (لاسيما فيتامين أ وعديد من فيتامينات ب) ومواد معدنية من بينها الكالسيوم والفوسفور والصوديوم والبوتاسيوم . يحتوى لبن الأبقار طبيعياً على ثمانية أنواع من البروتين ، وثلاثة أنواع من الدهن ، وثمانية معادن ، وخمسين إنزيماً ، وسكَّرات ، وثمانية فيتامينات ، وأربعة وعشرين هرموناً ، تتضمن استيرويدات وببتيدات . يحوى اللبن البشرى بروتيناً أقل من لبن الأبقار ولاكتوز أكثر .

تُستخدم الهندسة الوراثية على الحيوانات الآن لمنابلة كمية اللبن ونوعيته . استُخدمت هرمونات النمو الناتجة عن كائنات دقيقة محورة لزيادة محصول اللبن من الأبقار ، كما أُنتجت أبقار عبرجينية وعنز وأغنام تحمل ألبانها بروتينات إضافية .

السوماتوتروبين البقرى المطعم (س ت ب-م)

والسوماتوتروبين البقرى (س ت ب) Bovine somatotropin (BST)ـ الذى يسمى أيضاً هرمون النمو البقرى (هـ ن ب B G H) هرمون تفرزه الغدة النخامية للأبقار الموجودة فى قاع المخ ، وهو هرمون ضرورى للنمو وتنامى العضلات وإنتاج اللبن . فإذا زُوِّدت الأبقار بقدر إضافى منه ازداد إنتاجها من اللبن بوضوح . ولقد عُرف منذ الثلاثينات أن حَقْن الأبقار بمستخلص النخامية يرفع إنتاج اللبن ، وعُزِى السبب فى الخمسينات إلى س ت ب . على أنه ـ وحتى ظهور الهندسة الوراثية والبيوتكنولوجيا ـ لم يكن من المستطاع إنتاج هذا الهرمون بنقاوة عالية ولا بكميات تكفى للاستخدام التجارى .

ثم كان أن أصبح س ت ب أول المنتجات البيوتكنولوجية للهندسة الوراثية فى حقل الزراعة . استثمرت شركة مونسانتو وحدها ما يزيد على مليون دولار فى إنتاجه تجارياً . عُزِل أولاً جين س ت ب الأبقار ، ثم حُدِّد تتابعه المشفَّر . أولجت جينات س ت ب المُصنَّعة بالماكينة فى ناقلات ، وكُلْونت فى البكتيرة إ .كولاى باستخدام تقنيات شبيهة بتلك التى طُورت لإنتاج الإنسولين وغيره من الهرمونات الطبية . تُقتل مستعمرات البكتريا بعد ذلك ليستخلص منها الهرمون ويُنَقَّى .

طَوَّرت شركات عديدة سوماتوتروبين بقرى مُطَعَّم (س ت ب –م) يختلف قليلاً . تم تصنيع س ت ب–م شركة مونسانتو فى شركة جيننتيك للبيوتكنولوجيا ، وكان يحمل حمضاً أمينياً واحداً إضافياً ، بينما صنَّعت شركة داو إيلانكو Dow Elancoهرمونها التجارى حاملاً ثمانية أحماض أمينية إضافية . مُنْتَج شركة أميريكان سياناميد American cyanamid ثلاثة أحماض أمينية زائدة ، أما مُنْتَج شركة أَبْجُون Upjohn company

فهو مطابق للهرمون الذى تنتجه النخامية . للهرمون الطبيعى ١٩١ حمضاً أمينياً ، وتنجم التغيرات الطفيفة فى تتابعات الأحماض الأمينية عن تقنيات التصنيع المستخدمة ، ولها أهميتها لأسباب تتعلق بتسجيل البراءات ، إن لم تكن ثمة أسباب تتعلق بفعل الهرمون . وفى كل الحالات يباع س ت ب-م فى محقنة معقمة تستعمل مرة واحدة . تحقن الأبقار مرة كل ١٤ - ٢٨ يوماً ، ليزداد إنتاجها من اللبن بنسبة تتراوح ما بين ١٥% و٢٥% . يُؤَقَّت الحقن لرفع إنتاج اللبن فى المرحلة الأخيرة من دورة الحليب .

تدعى شركة مونسانتو Monsanto أنه لم يحدث قبلاً فى التاريخ أن حَظِى منتَج بيطرى بمثل ما حظى به منتَجها من س ت ب- م من بحث مكثف . دُرِس فعل س ت ب- م على أبقار اللبن فى اختبارات تمت على ٢١ ألف حيوان حُقِنت به . والمعروف أن هرمون النمو هذا يوجد طبيعياً فى اللبن بكميات ضئيلة ، ولم ترتفع هذه الكمية باستخدام الإضافات - من س ت ب . وعلى هذا استنبطت الشركة بناء على بياناتها أن لبن الأبقار المُعَامَلَة يعادل لبن غير المعاملة . وهرمون س ت ب بروتين ، يُهضم بالكامل فى الأمعاء ، وهو غير فعال بيولوجيا فى الإنسان ، حتى لو حُقن به . لكن ، على الرغم من أن نتائج التجارب تعطى س ت ب-م ، على ما يبدو ، شهادة صلاحية صحية نظيفة ، فقد ظلت الشكوك قائمة حول الآثار طويلة الأمد لاستخدامه على صحة الحيوان .

أمكن بالانتخاب زيادة ناتج البقرة من اللبن من نحو ألف لتر عام ١٩٠٠ إلى ٤٠٠٠ لتر عام ١٩٩٠ ، لتصل أبقار اللبن إلى قرب حدودها الأيضية . سيؤدى استخدام س ت ب - م إلى رفع الإنتاج ، وهذا يثير القلق على سلامة الحيوان . فالمرجح أن يؤدى استخدام هذا الهرمون لفترة طويلة إلى زيادة الأمراض المرتبطة بالإنتاج العالى . من بين هذه الأمراض مرض خطير

هو التهاب الضرع ، بجانب اضطرابات أخرى فى الأيض metabolism والخصب . يؤدى التهاب الضرع إلى تغير فى لون اللبن ، ويمكن كشفه بزيادة الصديد حول الضرع . يتم روتينياً فحص وجود الصديد باختبار عن الخلايا الجسدية فى اللبن . كانت وزارة الزراعة بالمملكة المتحدة تسمح بمستوى من العد يعادل نحو ١ %فى اللبن المعروض للاستهلاك الآدمى ، كما أنها لا تسمح بعرض لبن الأبقار المصابة بالتهاب الضرع للاستهلاك الآدمى .

أما ما تقوله شركة مونسانتو من أن معاملات س ت ب–م لم ترفع من حدوث التهاب الضرع ، فقد عارضه باحثان مستقلان هما إريك ميلستون وإريك برونّر عندما أعادا تحليل بيانات عَدِّ الخلايا الجسدية . بَنَتْ الشركة استنباطها على تحليل أُجرى على فترة الـ ٢٨ أسبوعاً الأولى من دراسة شملت ٤٣ أسبوعاً ، الأمر الذى تسبب فى تخفيف تقديرها للأثر الواضح لمعاملات الهرمون ، لأن هذا الأثر يكون أوضح ما يكون فى الفترة الأخيرة من الحليب . كشفت إعادة التحليل المستقلة ، لبيانات الفترة الكاملة ، عن أن المعاملة بالهرمون قد سببت زيادة قدرها ٢٠ %فى عد الخلايا الجسدية مقارنة بحيوانات المقارنة غير المُعاملة ـ وهذا فارق جوهرى للغاية . قامت شركة مونسانتو إذن بإعادة تحليل بياناتها الكاملة ، ونشرت نتائجها فى ورقة عام ١٩٩٤ ، نتائج ازداد فيها عد الخلايا الجسدية عما ظهر فى الدراسة التى نشرتها قبلاً .

كثيراً ما أُهمل ، فى التقارير وفى التقييمات ، عدد من بنود النفقات ينشأ عن الاستخدام الطويل الأمد لهذا الهرمون المُطَعَّم . فالأرجح أن ينخفض متوسط عمر الأبقار تحت نظام يستخدم هذا الهرمون ، بسبب عوامل الإجهاد . فالأبقار يلزم مثلاً أن تُستبدل بمعدل أعلى . هناك دراسة أُجريت فى المكسيك ، حيث سَوَّقت شركتا داو إيلانكو ومونسانتو ، بفظاظة ،

منتجاتها من س ت ب-م بأسعار منخفضة . توصلت هذه الدراسة إلى أن زيادة محصول اللبن قد تطلبت مصاريف إضافية ، فالأبقار تأكل مادة جافة أكثر لتواجه الإنتاج العالى من اللبن ، ثم إن العليقة لابد أن تكون مكثفة الطاقة ، ومن ثم تكون أعلى سعراً . انتهت هذه الدراسة أيضاً إلى أن الحقن بالهرمون كثيراً ما كان يتم بمعدل أعلى من المفروض بسبب الزيادة الخطيرة فى ناتج اللبن وبسبب الأسعار المنخفضة الناجمة عن المنافسة .

وعلى الرغم من أن مونسانتو قد توصلت إلى أن استخدام الهرمون لا يسبب تغيراً فى تركيب اللبن ، إلا أن عدداً من الدراسات المنشورة قد بَيَّنَت زيادةً فى نسبة الدهن باللبن فى القطعان المعامَلَة . تزامن هذا مع اتجاهٍ فى الدول الصناعية إلى استهلاك اللبن منخفض الدهن ، الأمر الذى يجعل من زيادة الدهون أمراً غير مستحب . ومن الجائز أن يصاحب زيادة إنتاج اللبن باستخدام الهرمون انخفاضاً فى نسب بعض الفيتامينات والأملاح .

يغير س ت ب ميزان الغذاء فى الأبقار لصالح إنتاج اللبن ، بما ينتج عن ذلك من تغيرات فى أنسجة أخرى . وهذه التغيرات فى أيض الأنسجة تعالجها مجموعة أخرى من الهرمونات تسمى عوامل النمو شبيهات الإنسولين ١ (ع ن إ -١) (insulin_like growth factor 1 (IGF 1) . توجد هذه الهرمونات طبيعياً فى اللبن ، وإن كان ثمة واحد منها (ع ن إ-١) يوجد فى لبن الأبقار المعاملة ببروتين س ت ب-م بنسبة أعلى من تلك فى لبن الأبقار غير المعاملة . تتغير طبيعة ع ن إ-١ هذا عند تصنيع لبن الأبقار لإنتاج بدائل اللبن للرُّضَّع . توجد ع ن إ طبيعياً فى جسم الإنسان ، وهى مطابقة تماماً لمثيلاتها البقرية . لكن ع ن إ-١ ينشط انقسام الخلايا ، والمستويات العليا منه إذن - من الناحية النظرية - قد تشجع النموات السرطانية . ثمة عبارات وردت فى تقارير وزارة الزراعة البريطانية ، عام

١٩٩٤ ، جعلت أحد بيولوجيى الجزيئات بجامعة كيمبريدج- هو بول شونفيلد - جعلته يرتاب فى أن يكون ع ن إ - ١ أخطر مما كان يُظن . قال تقرير الوزارة إن هذا الهرمون يُهْضَم فى الأمعاء ، وأن أمعاء الإنسان لا تحمل مستقبِلات له ، وعلى هذا فإن وجوده فى اللبن مأمون ولا خطر منه على صحة الإنسان . هناك من البحوث المنشورة ما يوضح خطأ هاتين العبارتين التى عليهما بَنَت الوزارة استنباطاتها ، فلقد عُثر على بروتين يحمى ـ على ما يبدو ـ هذا الهرمون فى أمعاء الإنسان ويحفظه فعالاً ، كما اتضح وجود مستقبِلات له فى الأمعاء . على أن المستويات العالية من ع ن إ-١ فى لبن الأبقار المعاملة بهرمون س ت ب-م لا تزال فى حدود المدى الفسيولوجى الطبيعى للبن المرأة ، وعلى هذا فقد لا تمثل خطراً جوهريا على المستهلكين .

توصلت مصلحة الغذاء والدواء (م غ د) (FDA)الأمريكية إلى أن لبن الأبقار المعاملة بهرمون س ت ب-م لبن مأمون للشرب ، وقد اعتمدت فى ذلك على بيانات مستفيضة جمعتها من أربع شركات . من بين البيانات ما جاء بدراسة قالت إن الزيادة من ع ن إ لن تُمتص فى أمعاء مَنْ يشرب . وفى عام ١٩٨٦ سمحت مصلحة الغذاء والدواء لشركات مونسانتو ، وداو إيلانكو ، وأميريكان سياناميد ، وأبجون ، ببيع لبنها من الأبقار المعاملة ، وكذا الجبن المصنوع منه ، لتتمكن هذه الشركات من تعويض بعض تكاليف تطوير الهرمون . لم يُبَطَّق اللبن على أنه من أبقار مُعامَلة ، على الرغم من أن عقار س ت ب-م لم يكن قد أُجِيز رسمياً فى ذلك الوقت . لا نعرف مَنْ شرب هذا اللبن ، لأن السرية تمنع كشف هذه المعلومات . وفى نوفمبر ١٩٩٣ وافقت مصلحة الغذاء والدواء على تسويق السوماتوتروبين البقرى المهندس وراثياً (س ت ب-م) فى الولايات المتحدة ، وهو يسوّق تحت اسم بوسيلاك Posilacبالولايات المتحدة وغيرها .

رحّب الكثيرون من العاملين بصناعة الألبان فى أمريكا بهذا الهرمون المهندس وراثياً ، لكنه قوبل بالمقاطعة من قِبَلِ عدد من مزارعى الألبان ، وأربع من كبريات سلاسل السوبر ماركت ، وجمهور كبير من المستهلكين . أثار قلق مزارعى الألبان أن زيادة الإنتاج قد تقلل السعر فتدفع صغار المزارعين خارج الحلبة . ثم إن المحصول المرتفع من اللبن يعنى أيضاً عدداً أقل من الأبقار لإنتاج نفس الكمية من اللبن . ولقد قُدِّر أنه لو استقر الأمر على تَبَنِّى استخدام هذا الهرمون المهندس وراثياً بالولايات المتحدة على نطاق واسع ، فإن عدد الأبقار المطلوب لمقابلة احتياجات الدولة من اللبن سينخفض من ١٠,٨ مليون رأس إلى ٧,٥ مليون فقط ، كما سينخفض عدد معامل الألبان إلى النصف .

وعلى منتصف التسعينات اعترفت مصلحة الغذاء والدواء بأن س ت ب- م يسبب مشاكل لم تكن متوقعة . كان السبب الأساسى فى قلق المصلحة هو أن الأبقار المعاملة تأكل كميات كبيرة من الغذاء ، مما يسبب ضغوطاً على الجهاز المناعى ويؤدى إلى إصابات أكثر ، منها التهاب الضرع . تحتاج الأبقار المصابة بالتهابات الضرع إلى مضادات حيوية أكثر قد تصل إلى اللبن ، وعلى هذا فالأرجح أن يحتوى لبن الحيوانات المعاملة ومنتجاته على بقايا من هذه المضادات ، التى قد تصل إلى أمعاء الإنسان مع اللبن لتتسبب فى انتخاب بكتريا مقاومة للمضادات الحيوية . تصبح بعض البكتريا المرضية - ومنها سلالات معينة من إ .كولاى - أكثرَ مقاومة للمضادات الحيوية التى تُستخدم عند العلاج منها .

وفى المملكة المتحدة ، توصلت وزارة الزراعة أيضاً - باستعراض بيانات التجارب - إلى أن لبن الأبقار المعاملة بهرمون السوماتوتروبين البقرى المُطَعَّم لبن مأمون يمكن شربه . انتهت المراجعات الدورية للوزارة فى أواخر

الثمانينيات ، وفى عام ١٩٩٣ أيضاً ، إلى نفس هذه النتيجة . على أن لجنة المنتجات البيطرية قد رفضت فى عام ١٩٩٠ ـ بناء على أسباب تتعلق بصحة الحيوان ـ رفضت طلباً لشركة مونسانتو لتسويق هرمونها المُطَعَّم ، على الرغم من الضغوط السياسية الهائلة التى مورست لقبوله . تقدمت الشركة بطلب آخر إلى لجنة الأدوية ، فقامت هذه بإلغاء قرار اللجنة البيطرية فى عام ١٩٩٣ ، بل ووافقت أيضاً على تسويق هرمون شركة داو إيلانكو . تعمل هاتان اللجنتان تحت أوضاع سرية ، وبذا لم تعلن تفاصيل عمليات اتخاذ القرار ، كما أن البيانات التى تقدمها الشركات للحصول على الموافقة بالتسويق تبقى سراً لا يتاح للجمهور تفحصها .

أدى قرار وزارة الزراعة البريطانية إلى إضافة لبن الأبقار المستخدمة فى تجارب س ت ب-م إلى كل اللبن الذى وَزَّعه مجلس تسويق الألبان فى عامى ١٩٨٧ و ١٩٨٨ . عومل لبن التجارب معاملة اللبن الآتى عن غيره من المصادر الأخرى ، ولم يُبَطَّق على أنه لبن أبقار مُعاملة . كان رد صناعة الألبان على النقاد هو الإشارة إلى أن القوانين فى العالم تزكى وجهة نظر الوزارة بأن اللبن مأمون ، ومن ثم فإن الاعتراض على قرارات الوزارة إنما هو فى الواقع اعتراض على قوانين العالم بأسره . لكن إضافة لبن القطعان المعاملة لم يتم فى أى دولة أوروبية أخرى . لقد مَنَعت السرية الكاملة داخل وزارة الزراعة وداخل صناعة الألبان ، منعت الجمهور من معرفة كمية ألبان الأبقار المعاملة التى طُرحت فى السوق ، ومن تحديد المناطق التى تحمل القطعان المعاملة . على أنه قد قُدِّر أن عدد الأبقار المعاملة كان نحو ثلاثة آلاف بقرة ، ربما كانت موجودة بمعهدى بحوث شينفيلد وهيرلى بكلية واى بجامعة لندن ، وفى مزارع إنتاج اللبن التجارية فى ديفون وسوميرسيت ودورسيت وغرب ويلز ويوركشاير . صممت التجارب لدراسة الآثار طويلة الأمد للحقن بهرمون س

ت ب – م على صحة الأبقار ، ولم تُخَطَّط أية تجارب على الآثار طويلة الأمد على البشر المستهلكين لألبان الأبقار المعاملة بهذا الهرمون .

فى أواخر الثمانينيات تقدمت شركات مونسانتو وأميريكان سياناميد وداو إيلانكو بطلبات إلى الاتحاد الأوروبى للموافقة على تسويق منتجاتها من الهرمون المطعَّم . قدمت مونسانتو أول طلب لها فى يونيو ١٩٨٧ ، لكن القرار تأخر حتى عام ١٩٩١ ، فقد كان لعدد من الدول الأعضاء تحفظات على استخدامه . ثم حصلت الشركة على استجابة مبدئية بالقبول ، لكن الاتحاد قرر فيما بعد تعليق استخدام الهرمون فى أوروبا حتى عام ١٩٩٩ . من بين أسباب اتخاذ هذا القرار حقيقة أن أوروبا تنتج فائضاً من اللبن ، حتى لقد فُرِضت الحصص النسبية منذ عام ١٩٨٤ . أضف إلى ذلك أن ثمة دليل لم يظهر على أن الشعوب الأوروبية ترفع استهلاكها من اللبن : فلقد انخفض مثلاً استهلاك الألبان بنسبة ١٠ ٪فى انجلترا إبان الفترة من ١٩٨٤ حتى ١٩٩٤ ـ مع التحول إلى اللبن الأقل دهنا . وعلى هذا فلم تكن زيادة محصول اللبن هدفاً مطلوباً .

عندما أدرك اتحاد بائعى التجزئة بالمملكة المتحدة ـ الذى يضم مزارع الألبان التعاونية ، ومزارع ألبان إكسبريس ، وماركس وسبنسر ، وسينزبورى ، وتيسكو وويتروز ـ عندما أدرك أن اللبن الناتج من تجارب الهرمون يُباع للاستهلاك الآدمى ، كتب إلى وزارة الزراعة عام ١٩٨٨ يطلب احترام حق المستهلِك فى الاختيار ، وهذا يعنى ضرورة تجميع اللبن من كل مزرعة مستقلاً ، وضرورة تبطيق لبن الأبقار المعاملة بالهرمون . خشيت صناعة الألبان من أن يكون للتبطيق أثر سيىء على المبيعات ـ بجانب عوامل اقتصادية أخرى . رُفِض طلب الاتحاد ، ولن تُبَطَّق ألبان القطعان المعاملة بالهرمون ثانية بعد انتهاء تعليق استخدام المنتجات من الهرمون المُطَعَّم فى أوروبا عام ١٩٩٩ ، على الرغم من

القرارات المشددة بالتبطيق التى فرضت عام ١٩٩٧ (أنظر الفصل الثالث عشر) ، إذ قد تقع هذه المنتجات خارج تعريف الغذاء المحور وراثياً . بل لقد طلبت شركة مونسانتو من منظمة التجارة العالمية ـ من خلال الحكومة الأمريكية ـ أن تعتبر الحظر الأوروبى على هذا الهرمون المطعم أمراً غير قانونى (أنظر الفصل العاشر) . والمرجح أن تعرض منتجات هذا الهرمون بالأسواق الأوروبية على عام ١٩٩٩ ، وإن كانت هذه المنتجات قد تعرضت فى يونيو ١٩٩٧ إلى نكسة عندما فشلت لجنة الكودكس Codex commission ـ الهيئة الدولية لمواصفات الأغذية ـ فى أن تمرر قراراً باستخدام هذا الهرمون فى الأبقار . صحيح أن هذه المواصفات ليست مُلزمة ، لكن الكثير من الدول تستخدمها فى تجارتها الدولية . ثم قررت منظمة التجارة الدولية فى أغسطس ١٩٩٧ أنه ليس للاتحاد الأوروبى أن يستبعد لحوم وألبان الأبقار المعاملة بالسوماتوتروبين البقرى .

سُوِّقت بفظاظة منتجات السوماتوتروبين البقرى المطعم فى العالم النامى . اتخذت شركتا إيلى ليلى Eli Lilly ومونسانتو ـ متضامنتين ـ من الهند هدفاً . والهند هى ثانية أكثر الدول إنتاجاً من اللبن فى العالم ، وبها ثُلْث أبقار اللبن الحلابة ، لكن محصول اللبن من البقرة هو الأدنى فى العالم كله . تنشط أيضاً الشركات متعددة الجنسية لتسويق هذا الهرمون فى دول وسط وجنوب أمريكا .

حُدِّدت هُوية هرمونات النمو فى حيوانات مزرعية أخرى ، ودُمجت فى البكتريا من أجل إنتاجها تجاريا ، وقريباً ستطلب شركة مونسانتو ، مثلاً ، موافقةً لتسويق سوماتوتروبين الخنازير المُطَعَّم ، لحقْن الخنازير لإنتاج لحومٍ أقل دهناً .

زراعة الحيوانات عبر الجينية لإنتاج بروتينات صيدلية

كان من بين أهداف بحوث الحيوانات عبر الجينية إنتاجُ بروتينات إضافية فى لبن الثدييات ، لاسيما تلك البروتينات التى يمكن أن تستعمل كعقاقير صيدلية . يتطلب هذا دمج جينات تُعَبِّر عن بروتينات بشرية فى أجنة

ثدييات أخرى . يمكن لأنثى الثدييات أن تعطى فى لبنها محصولاً من البروتين أكبر بكثير مما يعطيه وعاء تخمير يحمل خلايا بكتيرية محورة وراثياً . حُوِّرت أبقار وماعز وأغنام لتصبح مصانع عقاقير حية كُفْأَة ، تُنتج العقاقير باستمرار فى ألبانها ـ وذلك فى صناعة جديدة أطلق عليها اسم الزراعة الصيدلية pharmingوقد يُسَوَّق البعض من منتجات هذه الزراعة على أنه غذاء صيدلى ، بعضه غذاء وبعضه دواء . قد يحتوى لبن الحيوان عبر الجينى مثلاً على فيتامينات أكثر أو يحمل إضافات غذائية أخرى .

تُنْتَج الحيوانات عبر الجينية بالحقن الدقيق لجينات غريبة فى البويضة المخصبة مباشرة ، باستخدام ماصة دقيقة للغاية . يتطلب الأمر محاولات عديدة لإنتاج حيوان عبرجينى ، فكفاءة الحقن الدقيق ليست عالية ، إذ لا يستوعب المادة الوراثية الغريبة إلا أقل من ٢٠ %من البويضات . ولن نجد من الحيوانات التى تولد حية ما هو عبرجينى إلا نحو ١٠% ، ثم أنَّا لا ننتظر أن يعبِّر الجين الغريب عن نفسه بالمستوى الصحيح إلا فى نحو ١ %من هذه . هناك تقدير آخر يقول إنه من بين كل عشرة آلاف بويضة تُحقن بالدنا الغريب ، هناك ثلاث فقط ستصل إلى البلوغ وتعبّر عن البروتين المطلوب بكميات كبيرة . تسمى الحيوانات التى تحمل الجين المنقول العامل باسم «الحيوانات الرُّوَّاد» ، وهى حيوانات ثمينة حقاً . ولقد قدرت وزارة الزراعة الأمريكية أن تكاليف إنتاج حيوان رائد واحد من الخنازير والأغنام والأبقار تبلغ ، على التوالى ، ٢٥٠٠٠ دولار ، ٦٠ ألف دولار ، ٣٠٠-٥٠٠ ألف دولار . تعامل هذه الحيوانات معاملة مَلَكِية ، وتمنح أسماءً جذابة ، وكثيراً ما تصبح نجوماً لدى أجهزة الإعلام . استُخدمت الأرانب فى بعض البحوث بغرض تقليل النفقات ، وقد اقتُرح أن لبنها قد يكون تجارياً فى بعض الحالات . تتحسن باستمرار طرق تحديد الأجنة عبر الجينية ، باستعمال واسمات

لاصفة ـ كذلك الجين المأخوذ من قنديل البحر ، الذى يعطى وهجاً أخضر ـ والأرجح أن تنخفض تكاليف إنتاج الحيوانات عبر الجينية فى المستقبل .

من أولى العنزات عبر الجينية التى خرجت من المعمل ، واحدة تسمى جريس أنتجت فى عامها الأول نحو كيلوجرام من عقار علاجى . لمثل هذه الحيوانات قيمة تجارية عظمى . أُنشئت شركة ب ب ل PPL للعقاقير العلاجية عام ١٩٨٧ على مقربة من معهد روزلين بإدنبره باسكتلنده ، لتتجير أبحاث المعهد ـ وكانت له سلسلة من الفتوحات فى مجال وراثة الحيوان . ثمة بقرة اسمها روزى ، من حظيرة معهد روزلين وشركة ب ب ل ، قد عبرت فى لبنها عن ألفا لاكتالبيومين lactalbumin ، وهذا بروتين يوجد فى لبن النساء . من الممكن أن يسوّق لبن البقرة هذه كلبن عالى القيمة الغذائية ، لكن أهم استخدام له سيكون كمنتج بديل للبن الأم للأطفال الرُّضَّع . فى عام ١٩٩٠ حلبت نعجة اسمها تراسى ، من معهد روزلين أيضاً ، قدراً كبيراً من عقار ألفا-١- أنتى تريبسين ، ونقص هذا المركب فى الإنسان يؤدى إلى مرض انتفاخ الرئة الذى يعانى منه نحو مائة ألف شخص فى عالم الغرب . ولقد قُدِّر أن قطيعاً مؤلفاً من ألف نعجة كهذه سينتج لبنا به من هذا البروتين ما يكفى حاجة العالم .

لدى شركة جينفارم إنترناشيونال . GenPharm Int . ـ وهى متعددة الجنسية ولها مكاتب فى كل من الولايات المتحدة وهولنده ـ لديها أيضاً أبقار تعبّر عن بروتينات لبن بشرى فى ألبانها . كان أول نجاح عبرجينى لهذه الشركة إنتاج ثور اسمه هيرمان وُلد عام ١٩٩٠ ، تُنتج بناته فى ألبانها بروتين اللاكتوفيرِّين البشرى . ولقد سُجلت براءة العملية التى بها تعبِّر الأبقار عبر الجينية عن إنزيمين بشريين هما لاكتوفيرِّين ولايزوزايم : للإنزيم الأول خصيصة نقل الحديد ، والإنزيم الثانى مضاد للبكتريا . هناك إتفاقية تعاون

بين شـركـة جينفـارم وشـركـة بريسـتـول مـايرز سكويب Bristol_Myers Squibbلتسويق وَصْفَة للرُّضَّع مدعمة غذائياً على مستوى العالم .

النعجة دوللى واستنساخ الحيوانات

تخطط شركات العقاقير كى تصبح فى المستقبل القريب قطعاناً عبرجينية حلابة من عنز وأغنام وأبقار ، تُحصد منها البروتينات الثمينة . لكن عملية إنتاج الحيوانات عبر الجينية عملية تصيب حيناً وتخطىء أحياناً ، كما أن القطعان المرباة من الحيوانات الرواد تتباين فى التعبير عن الجينات الغريبة ، فالبعض عالى الإنتاج من البروتينات المرغوبة والبعض منخفض . قد يكون انخفاض مستوى النجاح مكلفاً حقاً ، الأمر الذى دفع العلماء إلى البحث عن فتوحات رائدة . وقد اقترب العلماء من الوصول إلى إنتاج قطعان عبر وراثية من الحيوانات المُستنسخة عندما أُعلن فى فبراير ١٩٩٧ عن ولادة حمل تدعى دوللى Dollyاستُنسِخت من خلية أُخذت من ضرع نعجة عمرها ست سنوات . كان لهذا البحث الذى أجرى بمعهد روزلين بالتعاون مع شركة ب ب ل أهميتُه القصوى فى دراسة الوراثة وتنامى الحيوان . عارضت النتيجة التفكير التقليدى عن تمايز الخلايا فى الحيوانات . كان من المعتقد أن كل الخلايا الحيوانية ـ فيما عدا الخلايا التناسلية أى الجرثومية ـ تتمايز بلا عودة بدءاً من المرحلة الجنينية . لكن ها قد أمكن ، بمنابلة خلية الضرع التى أنتجت دوللى ، أن نعود بها إلى حالتها البدائية غير المتمايزة ، لتنتج حيواناً كاملاً .

لبحوث استنساخ الحيوان تضمينات مالية ضخمة ، فلقد قُدِّر حجم سوق البروتينات العلاجية عام ١٩٩٧ بنحو ٧,٦ بليون دولار ، وينتظر أن يرتفع إلى ١٨,٥ بليون دولار على عام ٢٠٠٠ . وتلقيح الحيوانات الرواد بغيرها من الحيوانات باستخدام تقنيات تربية الحيوان التقليدية إنما يخفف من أثر الجين

المنقول ، كما يستغرق زمناً طويلاً . أما الآن فقد أصبح ممكنا استنساخ الحيوانات الرواد لإنتاج حيوانات متطابقة تعبِّر عن مُنْتَج دوائى معيارى . أُجِّل الإعلان عن مولد دوللى لأن طلب تسجيل البراءة يلزم أن يتم قبل نشر أية نتائج . لهذه البراءات طبيعة عريضة وتغطى استخدام التقنيات على كل الثدييات ، بما فيها البشر !وقَّعت شركة ب ب ل اتفاقيات مع أربع على الأقل من كبار شركات ـ نوفو نورديسك Novo Nordisk ، أمريكان هوم برودكتس American Home Products ، باير Bayer ، بورينجر إنجلهايم Boehringer Ingleheimـ لتسويق منتجاتها من العقاقير من الحيوانات عبر الوراثية والمستنسخة . وفى يوليو ١٩٩٧ أعلن معهد روزلين عن ولادة حمل تُدعى بولليـ كانت أول حيوان مستنسخ يحمل جينا بشرياً يعبِّر عن بروتين عقار علاجى .

ولقد استُنسخت أبقار أيضاً من خلايا جنينية . أعلنت شركة إيه بى إس جلوبال ABS Globalالأمريكية فى أغسطس ١٩٩٧ عن تقنية جديدة للإنتاج المكثف من النسائخ بعد أن وُلدت لديها عجلة مستنسَخَة اسمها «جين» . تحاول شركة ب ب ل إيلاج جينات لبروتينات بشرية فى أبقار مستنسخة . وهناك شركة هولندية اسمها فارمنج Pharmingمقرها لايدن تحاول أيضاً أن تنتج العقاقير العلاجية بتقنيات مشابهة .

على أن استنساخ دوللى كان قضية خلافية ، وارتفعت المطالبات بوقف تجارب الاستنساخ من شتى الجهات . قامت أجهزة الإعلام بتضخيم احتمالات استنساخ البشر ، وأولت اهتماماً ضئيلاً بالفوائد الطبية الهائلة التى يمكن أن تنجم من مثل هذا العمل . صدرت على عجل قوانين بحظر تجارب استنساخ البشر بالولايات المتحدة وبغيرها من الدول . قال الوراثى ستيف جونز معلقاً على استجابة الإعلام لتجارب الاستنساخ : « إن

الجمهور لا يخشى التقدم ، إنما يخشى التقدم السريع» . ولقد أصاب استنساخ دوللى الكثير من العلماء بالذهول ، فلا عجب إذن إذا لم يتمكن عامة الناس من تفهم تضمينات بحوث الاستنساخ . قد تُسَنّ التشريعات لكبح جماح انطلاق هذا العمل وإبطائه إلى السرعة التى يقبلها الناس . سنكسب بهذه التقنية منافع هائلة ، وستكون ثمة أرباح هائلة ، لكن يجب أن يُسمح للناس بالجدل المفتوح ، وأن يسمح بالمراقبة الدقيقة لكيفية استخدام التكنولوجيا ، ففى هذا المجال الخلافى الحساس من العلم ، سيكون من الخطأ أن نمضى فى التطبيقات التجارية نستنسخ الثدييات وننابلها وراثياً ، إذا كان معظم الناس لا يرغبون فيها .

الفصل الرابع

المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب

تعتبر مقاومة الأعشاب هى أكثر الصفات شيوعاً فى هندسة سلالات المحاصيل عبر الوراثية التى تُجرب الآن فى الحقل . فعلى عام ١٩٨٧ كانت أكثر من ثمان وعشرين شركة وقد بدأت بالفعل برامجها البحثية فى مقاومة مبيدات الأعشاب herbicides . تقوم الشركات السبع الرئيسية فى مجال إنتاج الكيماويات الزراعية ، والتى تمتلك أكثر من ٦٠ %من أسواق العالم ، تقوم بتطوير محاصيلَ مقاومةٍ للأعشاب . فمثل هذه المحاصيل هى أكثر استخدامات الهندسة ربما حتى هذا التاريخ ، لأن المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب ستولِّد الطلب على هذه المبيدات . وقد قُدرت المبيعات السنوية من مبيدات الحشائش على مستوى العالم بنحو خمسة بلايين دولار ، وهذا يمثل نحو ٤٠ %من مجمل مبيعات مبيدات الآفات . بالإضافة إلى ذلك تقوم الشركات المتعددة الجنسية المنتجة للكيماويات الزراعية ، وبشكل متزايد ، بضم شركات البذور إليها . ولقد قُدِّر أن مبيعات البذور المحورة وراثياً ، ومعها الزيادة فى مبيعات مبيدات الأعشاب ، قُدر أنها ستصل إلى مالا يقل عن ستة بلايين دولار على عام ٢٠٠٠ .

فوائد مقاومة الأعشاب

تنافس الأعشابُ المحاصيلَ فى المياه وفى المواد الغذائية وفى الضوء ، وعلى هذا فإن تكاثر الأعشاب غير المحكوم قد يسبب خسائر فادحة فى المحصول ، كما أن وجود الحشائش عند الحصاد قد يقلل من نوعية المحصول ، مثلاً بتقليل نقاوة الحبوب . لعبت مبيدات الأعشاب دوراً رئيسياً فى زيادة المحصول

منذ الحرب العالمية الثانية ، وإن كانت الخسائر المالية الناجمة عن الأعشاب تبلغ لا تزال نسبة تتراوح ما بين ١٠ %و٢٠ %من قيمة المحصول . هناك مبيدات أعشاب عريضة المفعول تعمل ضد مجال واسع من أنواع الحشائش ، لكنها قد تقتل ، أو تنزل الضرر بالمحاصيل إذا استُخدمت بالمستويات المطلوبة لمقاومة الأعشاب مقاومة فعالة . يَكْبَحُ استعمال مبيدات الأعشاب إذن ما تسببه الأعشاب من أضرار للمحاصيل ذاتها ، ومن الممكن أن تُستخدم المبيدات بشكل أكثر كفاءة إذا كانت المحاصيل مقاوِمة لها . واجهت تربية النبات التقليدية هذه المشكلة ، إنما بنجاح محدود . ولقد أثبتت الدراسات فى المقاومة الطبيعية لمبيدات الأعشاب فى الحقل أن هذه المقاومة ترجع دائماً إلى طفرة واحدة ، ومن ثَمَّ فهى تمثل هدفاً طيباً للمنابلة الوراثية .

قد تؤذى مبيدات الأعشاب هذه ما يُرش بها من المحاصيل رشاً مباشراً ، لكنها قد تؤذى أيضاً محاصيل تزرع فى تربة تلقِّت المبيد عندما رُشّ به محصول سابق فى الدورة الزراعية . يستعمل الأترازين Atrazine مثلاً مبيداً للحشائش فى حقول الذرة ، فلهذا المحصول مقاومة طبيعية ضده ، لكن هذا المبيد يبقى فى الأرض فعالاً مدداً طويلة . وفول الصويا الذى يزرع عادة عقب الذرة ، حساس جداً لهذا المبيد . وعلى ذلك فإن تطوير فول صويا مقاوم للأترازين سيمكِّن المزارع من استخدام كميات أكبر من الأترازين على المحاصيل السابقة دون أن يخشى آثاراً سيئة على فوله . بل إن هذا يسمح باستخدام الأترازين فى حقول فول الصويا من أجل مقاومةٍ أفضل للحشائش فيها . وعلى هذا فإن المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب تسمح بمرونة أكبر فى اختيار المحاصيل وفى المعاملات من مبيدات الأعشاب خلال الدورة الزراعية .

كيف الوصول إلى نباتات مقاومة لمبيدات الحشائش

تتحلل معظم مجاميع مبيدات الأعشاب طبيعياً فى الحقل بفعل بكتريا

التربة . ولقد استغل المهندسون الوراثيون هذا ، إذ ينقلون الجينات المشفِّرة لإنزيمات نزع السمية ، من بكتريا التربة إلى المحاصيل عبر الجينية . من الممكن أن تُعزل جيناتٌ لهذه الإنزيمات أيضاً من النباتات ذات المقاومة الطبيعية لمبيد أعشاب معين . كانت بكتيرة الأجروبكتريوم *Agrobacterium* هى أول ما استُخدِم فى دمج الجينات الغريبة داخل خلايا النبات عند تطوير المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب . على أن طرق القذف بالجسيمات قد أصبحت تُستخدم الآن روتينياً ، لاسيما فى محاصيل الحبوب وفول الصويا (انظر الفصل الثانى) .

الجليفوسيت مركب عضوى فوسفاتى ـ مادة كيماوية عضوية تحتوى على الفوسفور . يعمل هذا المركب كمبيد للأعشاب ذى مجال عريض غير انتقائى يؤثر بعد الإنبات post emergent ، وعلى هذا يمكن استخدامه فى مقاومة معظم الأنواع الرئيسية من الحشائش فى حقول المحاصيل . فإذا رُشّت النباتات بهذا المبيد نقلته سريعاً إلى مناطق النمو فيها حيث تعمل بأن تثبط إنزيما يسمى EPSPS ، فيُثَبِّط التمثيل البيولوجى للأحماض الأمينية ويتوقف نمو النباتات حتى تموت .

من الممكن أن تُهَنْدَس محاصيل تتحمل الجليفوسيت باستخدام جينات مأخوذة من البكتريا أو النبات . كان أول نبات عبرجينى يتحمل هذا المبيد هو الطباق ، بعد أن أولج فيه جين مأخوذ من بكتيرة سالمونيلا تيفيموريام *Salmonella typhimurium* . يُعَبِّر هذا الجين عن صورة من EPSPS ليست حساسة للجليفوسيت . ثمة اقتراب آخر هو إيلاج جينات من صنف من نبات البيتونيا *Petunia hybrida* انتُخبت اصطناعياً لمقاومة الجليفوسيت . يعطى صنف البيتونيا هذا إنتاجاً فائضاً من إنزيم EPSPS ، إذ يحمل ٢١ نسخة من الجين المعنىّ . استُعملت قاطرة ناقلة لتحمل هذه

النسخ العديدة إلى نباتات بيتونيا أخرى . تحملت هذه النباتات عبر الجينية أربعة أضعاف كمية الجليفوسيت اللازمة لقتل البيتونيا غير المحورة من نفس السلالة . تنتج شركة مونسانتو مبيد الجليفوسيت تحت اسم راوند أب ، وسنناقش إنتاج المحاصيل المقاومة للراوند أب فى فصل تال .

والجلوفوسينيت أمونيوم يتبع مجموعة الفوسفوإينوثريسين (PPT)من مبيدات الأعشاب . عرضت شركة هوكست مبيدها المسمى باستا Basta- وهو مبيد أعشاب واسع الانتشار من الجلوفوسينيت أمونيوم - عرضته فى السوق عام ١٩٨١ ليستخدم ضد أنواع الأعشاب ذات الأوراق العريضة ، وكذا ذات الأوراق الضيقة . اندمج قسم انتاج المحاصيل بشركة هوكست مع نظيره بشركة شيرنج عام ١٩٩٤ ليشكلا آجرإيفو AgrEvo . تثبط كلٌ مبيدات PPTإنزيماً يسمى جلوتامين سينثيز يتدخل فى تمثيل الأمونيا التى يستخدمها النبات فى تمثيل الحمض الأمينى جلوتامين . يلعب هذا الإنزيم دوراً رئيسياً فى تنظيم أيض الأزوت فى النبات ، وتثبيطُه يتسبب فى تراكم الأمونيا إلى مستويات سامة .

استُخدمت جينات مأخوذة من نبات الألفا ألفا (البرسيم الحجازى) *Medicago sativa*ومن بعض بكتريا التربة ، لإنتاج محاصيل عبرجينية مقاوِمة للمبيد باستا ولغيره من مبيدات الجلوفوسينيت أمونيوم . استُعمل جين طافر من الألفا ألفا ، يشفِّر لإنزيم جلوتامين سينثيز ، لإحراز بعض المقاومة فى الطباق عبر الجينى . يرتكز هذا الاتجاه على الإنتاج الفائق من الإنزيم فى مواجهة تثبيط المبيد . على أن هناك وسيلة أخرى أكثر وعداً ، هى استخدام جين يسمى بار bar ، مأخوذ من بكتريا ستريبتومايسيز هيجروسكوبياص Streptomyces hygroscopius ، يشفر لإنزيم يبطل سمية المبيد بأن يحور من تركيبه الكيماوى . أنتجت شركة بلانت جينيتيك

سيستمز Plant Genetic Systemsبالتعاون مع آجرإيفو عدداً من المحاصيل المختلفة تقاوم مبيدات الجلوفوسينيت أمونيوم ، كما أن الذرة ، المقاومة للحشرات ، التى أنتجتها شركة سيبا جايجى Ciba_Geigyتحمل جيناً يضفى المقاومة للمبيد باستا (انظر الفصل الخامس) .

هناك مجموعتان من مبيدات الأعشاب تعملان ضد الحشائش عريضة الأوراق فى حقول القمح والأرز وفول الصويا وغيرها من المحاصيل ، هما مجموعة السلفونيل يوريات Sulfonylureasومجموعة الإميدازولينونات Imidazolinones . لهتين المجموعتين مجال عريض ،لكن أقصى فعالية لهما تكون عند معدلات الرش المنخفضة ، كما أن سميتهما للحيوان ضعيفة نسبياً . عُرضت السلفونيل يوريات ، التى طورتها شركة ده بونت Du Pont ، عرضت فى السوق نحو عام ١٩٨٠ . فمبيد الأعشاب المسمى جلين Glean مثلاً هو سلفونيل يوريا يستعمل على القمح ، وهذا نبات يقاوم هذا المبيد مقاومة طبيعية . تسمم السلفونيل يوريات الحشائشَ لأنها تثبط إنزيماً يعمل فى التمثيل البيولوجى لأحماض أمينية ثلاثة (الليوسين والفالين والأيزوليوسين) . من الممكن أن تُضْفَى صفةُ مقاومة مبيدات السلفونيل يوريا بنقل جينات تشفر لهذا الإنزيم من نباتات تنتجه بكميات وفيرة ، مثل نبات أرابيدوبسيز ثاليانا *Arabidopsis thaliana* ، الأمر الذى يتسبب فى إنتاج فائضٍ من الإنزيم بالنباتات عبر الجينية يُبْطِل الأثر السام للمبيد .

أما الإميدازولينونات التى طورتها شركة أميريكان سياناميد American Cyanamidفهى تثبط أيضاً نفس المرحلة من التمثيل البيولوجى للأحماض الأمينية . يمكن إذن أن تُنقل نفس الجينات لإضفاء صفة المقاومة ضد المجموعتين من مبيدات الأعشاب . والإميدازولينونات تعمل ضد الحشائش عريضة الأوراق وضيقة الأوراق كليهما ،لكنها سامة انتقائياً

بسبب اختلاف معدل أيض المبيد بين الحشائش وبين المحصول ، الأمر الذى يجعلها مفيدة بخاصة فى مقاومة الحشائش بحقول الحبوبيات . وهى تُستخدم فى حقول فول الصويا ، لكن استمرار بقائها فى التربة قد يؤذى المحصول الذى يعقب الصويا فى الدورة الزراعية . وعلى هذا تقوم شركتا أميريكان سياناميد وده بونت بتطوير المقاومة فى عدد المحاصيل الأخرى حتى يمكن أن تنجح زراعتها فى الدورات الزراعية مع فول الصويا . وثَّقت شركة أميريكان سياناميد جينَ مقاومةِ أعشابٍ لشركة بيونير هاى بريد Pioneer Hi_Bredكى تولجه الأخيرة فى سلالاتها عبر الجينية من الذرة ، فيضفى عليها المقاومة للمبيدات الإميدازولينونية التى تنتجها أميريكان سياناميد .

والبروموكسينيل Bromoxynil- إحدى مجموعات مبيدات الحشائش التى يطلق عليها اسم النتريلات nitriles- هو المادة الفعالة فى مبيد الأعشاب بوكتريل Buctrilالذى تنتجه شركة رون - بولينك Rhone_Poulenc ، وهذه شركة متعددة الجنسية مقرها فرنسا . يستعمل مبيد الأعشاب هذا لمقاومة الحشائش عريضة الأوراق فى حقول الذرة والقمح ، ولكلا النباتين صفة المقاومة الطبيعية ضده . تُضْفَى المقاومة ضد هذا المبيد بنقل جين مأخوذ من سلالة من بكتريا التربة المسماه كليبسييلا أُزينى *Klebsiella ozaenae* . يشفِّر هذا الجين لإنزيم يحلل البروموكسينيل فى نباتات المحاصيل ويحوله إلى مادة كيماوية غير فعالة . أنتجت شركة كالجين Calgeneقطناً عبرجينى يقاوم البروموكسينيل بإيلاج جين BXN موثَّق . يُرش القطن بمبيدات الأعشاب ربما أكثر من أى محصول آخر . لكن مقاومة الحشائش فى حقول القطن كانت مقيدة ، لعدم وجود مبيد عشبى للحشائش عريضة الأوراق يكون طويل الأثر ولا يؤذى القطن . ولقد وفر البروموكسينيل هذه المواصفات عندما عُرِض بالسوق فى إبريل ١٩٩٥ . فى

عـام ١٩٩٦ زُرع من القطن الحـامل للجين BXN 20200هكتـار ، وفى عـام ١٩٩٧ زُرع منه ١٧٨٠٠٠ هكتار . تبيع شـركة كالجين بذور هذا القطن عبر الجينى بعلاوة مضافة : يزيد عن سعر البذور غير المُحَوّرة بنسبة ٤١% .

تعمل المبيدات العشبية المسماة تريازين Triazine ، والتى طورتها شركتا ده بونت وسيبا-جايجى ، تعمل بأن تعطل التمثيل الضوئى ، وذلك بالتدخل فى عملية ربط البروتينات فى الكلوروبلاستات . ظهرت تلقائياً أنواع نباتية تقاوم التريازين ، تحمل بروتيناً مختلف التركيب ، ربْطه لا يتأثر بهذه المبيدات العشبيـة . يمكن إذن أن تُستخدم جينات مأخوذة من هذه الأنواع النباتية لإنتاج محاصيل مقاومة للمبيد . وعلى سبيل المثال فقد نُقلت صفة مقاومة الأترازين (وهو من التريازينات) باستخدام جين طافر مأخوذ من نبات القطيفة *Amarantus hybridus* . أنتجت شركة ده بونت فول صويا مقاوم للأترازين ، سيرفع من مبيعات هذا المبيد بمقدار ١٢٠ مليون دولار سنوياً . لكن هناك عائقاً فى إنتاج النباتات المقاومة للأترازين ، وهو أن الجين المشفِّر موجود على دنا الكلوروبلاست . والعادة أن تولج الجينات الغريبة فى دنا نواة الخلية ، وإيلاجها فى دنا الكلوروبلاست أمر أكثر صعوبة . وعلى هذا ، ولكى يكون الجين فعالاً ، كان من الضرورى أن يعدل هذا الجين المأخوذ من نبات القطيفة إلى جين نووى باستخدام جينات مُنَظِّمة مختلفة .

والتريازينات مبيدات عشبية ماكثة persistentتمكث فى الأرض طويلاً ، وقد يكون فى هذا ميزة ، إذ توفر مقاومةً فعالةً للحشائش على طول دورة تُزْرَع فيها محاصيل عبرجينية مقاومة لها ، لكن ذلك قد يكون أيضاً ضاراً للغاية بالبيئة . ولقد أجريت بحوث كثيرة فى الثمانينات من أجل التوصل إلى مقاومة لهذه المبيدات ، لكن لم يُطرح إلا عدد محدود من المحاصيل المقاومة للتريازينات فى السنين الأخيرة .

وقد تستخدم أيضاً بعض منظمات النمو كمبيدات أعشاب . يوجد ٢ ، ٤ـ د ٢,٤- Dطبيعياً كهرمون نباتى ينبه نمو الخلايا ، لكنه يقتل النبات إذا استُعمل بكميات كبيرة ، إذ يشجع نموات زائدة . ولقد طورته شركة شيرنج للكيماويات الزراعية Schering Agrochemicalsليصبح مبيد أعشاب يُستعمل على الحبوب ، لأن محاصيل الحبوب تستطيع تمثيله بينما لا تستطيع الحشائش عريضة الأوراق ذلك . يمكن الوصول إلى مقاومة لهذا المبيد باستخدام جين معزول من بكتريا التربة المسماة ألكاليجينز يوتروفص *Alcaligenes eutrophus* التى تشفر لإنزيم اسمه DPAMمسئول عن تحويل ٢ ، ٤ ـ د إلى مادة كيماوية غير فعالة . تطور شركة آجرإيفو AgrEvo ذرةً مقاومة للمبيد ٢ ، ٤ ـ د .

محاصيل شركة مونسانتو المقاومة للمبيد «راوندأب»

مبيد الأعشاب راوندأب Roundupلشركة مونسانتو هو أكثر مبيدات الأعشاب مبيعاً فى العالم ، والمادة الفعالة فيه هى الجليفوسيت . تعمل هذه المادة كما ذكرنا بأن تثبط إنزيما اسمه EPSP ، فيتعطل التمثيل البيولوجى للأحماض الأمينية . استخدمت الشركة ، فى تطويرها فول صويا يتحمل هذا المبيد ، استخدمت جينات طافرة من سلالات من بكتريا سودوموناس *Pseudomonas* spp. وبكتريا كليبسييلاً *Klebsiella pneumoniae* . تشفر هذه الجينات لإنزيم EPSP ، لتؤدى إلى إنتاج مفرط منه فى النبات ، يُبطل فعل الجليفوسيت فى تثبيط الإنزيم . ولقد تمكنت شركة مونسانتو من إيلاج جينات تَحَمُّلِ الرواند أب المسجلة هذه فى مجموعة محاصيل أخرى تضم الذرة ، والكانولا ، وشلجم الزيت ، وبنجر السكر ، والطباق ، والقطن .

أُجريت أولى التجارب الحقلية على فول الصويا المقاوم لمبيدات الأعشاب فى عامى ١٩٨٩و١٩٩٠ . ولقد أظهرت النباتات عبر الجينية تحملاً جوهرياً

للمبيدات ، لكن لم يحدث إلا بعد عام ١٩٩١ أن أظهر فول الصويا عبر الجينى مستوياتٍ فى مقاومة المبيد نافعة تجارياً دون ما نقص فى المحصول . وفى عام ١٩٩٦ تمت أولى الزراعات التجارية الكبرى لصويا الراوند أب ، عندما مَثَّلت البذور عبر الجينية نحو ٢ %من المحصول الأمريكى كله . وفى عام ١٩٩٧ ارتفعت نسبة محصول الصويا الناتجة عن البذور عبر الجينية إلى نحو ١٥% ، وسترتفع النسبة فى السنين التالية .

نشر علماء شركة مونسانتو بيانات توضح أن تركيب بذور نباتات فول الصويا المقاومة للجليفوسيت تعادل تركيب بذور الصويا التقليدية . اقترحت بياناتهم أن الأطعمة المجهزة باستخدام الصويا المحورة لن تختلف عن تلك المجهزة من الصويا غير المحورة . من بين أهم استخدامات فول الصويا بالولايات المتحدة استعماله فى تغذية الحيوان . ولقد تبين أن القيمة الغذائية للصويا بالنسبة للحيوان لم تتأثر بإيلاج جين مقاومة الجليفوسيت ، كما اتضح أن البروتين الذى يُشَفِّر له هذا الجين الغريب يُهْضَم بسرعة فى أمعاء الفئران .

طرحت شركة مونسانتو محاصيل تقاوم مبيدات الأعشاب ، تحت التجريب ، حول العالم كله . فقد زرعت فى بريطانيا مثلاً بنجر سكر مقاوماً للراوند أب منذ عام ١٩٩٥ للتجريب بمناطق فى جنوب شرق انجلترا . تَحَمَّل بنجر السكر عبر الجينى الرش بالراوند أب حتى ثلاثة أضعاف المستوى الطبيعى دون ما ضرر بالنباتات ، لتزداد الغلة إلى ما يصل إلى ٧% . ادعى متحدث باسم شركة مونسانتو أن الأمر لو تُرِك للطرق التقليدية لما تمكن مربو النبات من تحقيق مثل هذه النتيجة إلا فى عشرين عاماً . بدأت فى بريطانيا أيضاً تجارب زراعة شلجم الزيت المقاوم للراوند أب فى منتصف التسعينات .

ولقد كان فول صويا الراوند أب من بين أول الكائنات المحوَّرة وراثياً التى

سُوِّقت على نطاق واسع كمقومَات لسلسلة من أغذية الإنسان (انظر الفصل الثانى عشر) .

الاعتبارات البيئية

من الممكن نظرياً أن تُهندس مقاومةُ أى مبيد أعشاب ، لكن هناك عوامل عدة تتدخل عند التطبيق . تقول شركة مونسانتو مثلاً إن لمبيد الجليفوسيت عدة صفات مرغوبة كمبيد ترش به حقول محاصيل مقاومة له : فنطاق فعله عريض ، وفعاليته عالية ، وقابليته للطيران منخفضة وكذا حركته فى التربة ، وسميته منخفضة نسبياً بالنسبة للأسماك والطيور والثدييات . وعلى هذا فإن احتمال اكتساب الحشائش مناعة ضد الجليفوسيت ، عن طريق تسلل الجين إليها ، لابد أن تكون ضعيفة .

علىَ أنه من الممكن أن تتحول محاصيل مقاومة للمبيدات العشبية لتصبح هى ذاتها حشائش فى محاصيل أخرى ، كما قد تكتسب المناعة أنواعُ الأعشاب من أقاربها إذ تنتقل إليها حبوب اللقاح تحمل الجين الغريب . هناك محاصيل معينة ، وأنماط معينة مقاومةُ لمبيدات الأعشاب ، تمثل مخاطر إيكولوجية أكبر . فلقد أوقف مثلاً مشروع لإنتاج شلجم الزيت مقاوم للسلفونيل يوريا عندما أُدرك أن نباتَ شلجم شارداً قد يصبح هو ذاته عشباً ضاراً فى حقول القمح ، عشباً يقاوم أهم مبيِّدات الأعشاب التى تستخدم على القمح . ولقد يتهاجن الشوفان والدخن المهندسان وراثياً مع الشوفان البرى أو مع حشيشة جونسون ، بما يعنى ذلك من احتمال نشر مقاومة المبيد إلى أنواع أخرى من الحشائش . وعلى هذا يلزم أن تُقَيَّم كل حالة مفردة من السلالات المقاومة لمبيدات الأعشاب ، تُقَيّم بالنسبة لمخاطر زيادة التعدى أو احتمال نشر الجين المنقول (انظر الفصل السابع) .

الأرجح أن تتسبب المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب فى زيادة كمية

المبيدات التى ستنتشر فى البيئة . على أن شركة مونسانتو تدعى أن استعمال هذه المحاصيل سيقلل من عدد مرات الرش اللازمة ، وأنه سيعزز الاستخدام الرشيد للمبيدات . تجادل الشركة بأنه مع زراعة المحاصيل المقاومة للأعشاب ستكفى رشة واحدة لقتل كل الأعشاب بعد بدء تنبيت المحصول ، بما فيها من أصناف الحشائش غير الناضجة التى يتطلب الأمر عادة أن تُرَش قبل تنبيت المحصول . وعلى هذا فمن المتوقع أن يزداد استعمال مبيدات الحشائش عريضة المفعول . علينا هنا أن نذكر أنه قد أمكن بالتربية التقليدية إنتاج محاصيل مقاومة لمبيدات الحشائش ، ومن ثَم فإن الجدل بأن استخدام السلالات المقاومة سيؤدى إلى زيادة ما يُرَش من مبيدات الأعشاب ، ليس مجرد جدل ضد السلالات المحورة وراثياً .

قد تؤدى المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش إلى استخدام أكثر كفاءة للمبيدات ، لكن من الصعب تعضيد الجدل القائل إنها لن تؤدّى إلى زيادة استخدام هذه المبيدات . إن الهدف من وجهة النظر التجارية دائماً هو بيع مبيدات أكثر . والحق أنه من الممكن أن تُستخدم المبيدات على محاصيل معينة - مُهَندسة للمقاومة وتحت ظروف معينة - لم يكن رشُّها ممكنا قبلاً . طلبت الشركات متعددة الجنسية ، رسمياً ، أن يُمَدَّ مجال استخدام مبيداتها الرئيسية لتغطى هذه الفرص الجديدة . كان هناك حد أعلى لمعدل رش مبيد الأعشاب ، فوقه يحدث الأذى للنبات . أما الآن ومع وجود المحاصيل التى تقاوم المبيدات ، فقد ينزع المزارعون إلى المغالاة فى الرش ، فالأرجح ألاَّ يكون لهذا تأثير سيىء على المحصول . وكل زيادة فى رش للمبيد قد تؤدى إلى زيادة بقايا المبيد فى الطعام . تقدمت شركة مونسانتو بطلبات إلى حكومتى استراليا ونيوزيلنده للسماح لها بزيادة المستوى المسموح من بقايا الراوند أب فى فول الصويا ، بعد أن استوردت الدولتان صويا الراوند أب . فى نفس الوقت ، فإن الكميات الزائدة

من الجليفوسيت ، التى ترش بها حقول قطن الراوند أب ريدى بالولايات المتحدة ، قد تصل إلى بذور القطن الذى يدخل فى الكثير من المنتجات الغذائية . وعلى هذا فإن زراعة المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب ستؤدى على الأغلب إلى زيادة كميات المبيدات الضارة التى تُرش بها المحاصيل .

قد ينتج عن الاستخدام المفرط من مبيدات الأعشاب ـ بسبب انتشار المحاصيل المقاومة لها ـ عدد من الآثار البيئية غير الطيبة . فقد يكون لهذه المبيدات آثار بيئية سيئة على المَوَاطن الطبيعية قرب حقول الزراعة . الجليفوسيت مثلاً مبيد أعشاب غير انتقائى يقتل مجالاً واسعاً من أنواع الحشائش . ولقد حددت مصلحة الأسماك والحياة البرية فى أمريكا ٧٤ نوعاً نباتياً باتت مهددة بالانقراض بسبب الاستخدام الزائد من الجليفوسيت . وقد تحدث أيضاً آثار سيئة على خصب التربة ، إذ يشتبه مثلاً فى أن الجليفوسيت يثبط نمو فطر الميكوريزا mycorhiza الذى يساعد جذور النبات فى امتصاص الأملاح من التربة . وعلى هذا فإن الجليفوسينات كمبيد أعشاب ـ وهى تدخل فى الراوند أب ـ ليست بالكيماويات الصديقة للبيئة . وقد يكون لزيادة استخدام هذا المبيد أيضاً آثار سيئة مباشِرة على صحة الإنسان . فى دراسة تمت بكاليفورنيا ، حُدِّد الجليفوسيت على أنه ثالث الأسباب الشائعة للتسمم بالمبيدات بين عمال الزراعة .

ولقد يثبت أن الاستخدام المفرط لمبيدات الأعشاب سيقلل الإنتاج لأسباب أخرى . فقد اتضح مثلاً أن حشرة المن تتزايد على الذرة المرشوشة بالمبيد ٢ ،٤ـ د ، ربما بسبب تغيرات فى عصارة النبات . وعلى هذا فإن الإفراط فى استخدام مبيدات العشب قد يؤدى إلى زيادة استخدام مبيدات الحشرات فى مثل هذه الحالات . أجرت شركة دو بونت تجارب على تحمل النبات لمبيد أعشاب اسمه بيكلورام picloram ، فوجدت زيادة فى مستوى

السكر بالجذور ، وهذا يوفر بيئة مواتية لنمو البكتريا والفُطريات المُمْرِضَة . ثم إن زيادة مستوى الرش بمبيدات الأعشاب يتسبب أيضاً فى انتخاب الحشائش المقاومة للمبيد . لقد أصبح تطوير المقاومة غير المطلوبة ، لمبيدات الأعشاب فى أنواع الحشائش الشائعة ، أصبح مشكلةً فى الزراعة ، فلقد طوَّر السَّمَار blackgrassمثلا مقاومةً لمبيدات الحشائش التى تستعمل على حقول نباتات الحبوب . لذا ، فإن زيادة الرش بمبيدات الحشائش قد يؤدى إلى زيادة معدل تطوير وانتشار حشائش مقاومة لها ، لتُلْغَى بذلك المزايا الأولى للمحاصيل عبر الجينية .

هناك إمكانيات كامنة هائلة للمحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش فى تحسين معالجة الحشائش ورفع غلة المحاصيل ، فى الوقت الذى توفر فيه أيضاً مقاومةً للأعشاب أقلّ تكلفة وأكثر قبولاً من الناحية البيئية . من بين الأهداف المستقبلية المرغوبة إنتاج محاصيل مقاومة لمبيدات الحشائش المتطفلة . مثل الحامول dodder (*Cuscuta* spp.)والهالوك broomrape (*Orobanche* spp.) وحشيشة العجوز witch weeds (*Striga* spp.) ، فليس هناك حتى الآن مبيدُ أعشاب له هامش انتقائى كاف للتعامل مع هذه الحشائش دون إضرار بالمحصول . وقد تصلح جينات مقاومة المِبيدات أيضاً فى النباتات عبر الجينية كواسمات انتخابية مع واسمات مقاومة المضادات الحيوية أو بدلاً منها ، إذ يمكن بها أن يُفرز من الخلايا ما قد يصبح نباتاً عبرجينى ، فهى وحدها ما يبقى حياً بعد المعاملة بالمبيد العشبى . ولقد استعمل مثلاً جينٌ مقاومة للأعشاب فى إنتاج ذرةِ البى تى لشركة سيبا– جايجى . لكن المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب تعتبر حلاً مكلفاً لمقاومة الحشائش ، حلاً لا يتناغم مع الأفكار الحالية حول الزراعة المتواصلة sus-tainable . يلزم أن تُستخدم المحاصيل عبر الجينية بحرص إذا كان لنا أن نتجنب مشكلات اكتساب الحشائش المقَاوَمة ضد مبيدات الأعشاب ومشكلات الإضرار بالبيئة .

الفصل الخامس

محاصيل مقاومة للحشرات

وفيروس حشرى عصوى مُحَوَّر

اتُّخِذ تعزيز مقاومة النباتات للآفات الحشرية هدفاً للكثير من التجارب الأولى فى مجال المحاصيل عبر الجينية . وبينما كان نقل الجينات يتقدم ليصبح أمراً روتينياً فى أواخر الثمانينات ، كان تحديد الجينات النافعة للنقل إلى المحاصيل يتحرك بمعدل أبطأ . أمكن تحديد هُوية عدد من الجينات يشفِّر لأنماط مختلفة من سموم الحشرات ، ليُستخدم فى تطوير محاصيل عبرجينية مقاومة للحشرات . من بين هذه الجينات جيناتٌ ، تشفر لسموم حشرية ، من بكتيرة باسيلَّص تورينجينسيز *Bacillus thuringiensis* ، وجيناتٌ من العائلة البقلية .

سم بكتيرة باسيلص تورينجينسيز

بكتيرة باسيلَّص تورينجينسيز (بى تى Bt) هى واحدة من بكتريا التربة التى تكدس أثناء التبويغ sporulation مستوياتٍ عاليةً من بروتينات تسمم الحشرات ـ أى عندما تحول الخلايا البكتيرية نفسها إلى أبواغ spores . تتشكل الأبواغ البكتيرية لمواجهة ظروف البيئة المعاكسة ، ومن الممكن أن تبقى ساكنة فى التربة لفترات طويلة قبل أن تستأنف دورة الحياة مرة ثانية . وقد يصل وزن البروتينات السامة إلى نحو ٢٠ % من وزن الأبواغ البكتيرية . عندما تأكل يرقات الحشرة الأبواغ ، تتحلل هذه فى أمعائها العالية القلوية لتُطْلَق السموم ، التى ترتبط بغشاء جُدُر الأمعاء لتشلَّها فلا تستطيع

امتصاص الغذاء . تتوقف اليرقة عندئذ عن الأكل وتموت . وسموم البى تى عالية التخصص ، فهى تقتل مجموعات معينة من الحشرات ، ولا تقتل منها سوى اليرقات ، كما أنها ليست سامة للكائنات الأخرى . ولقد استُعملت كمبيدات حشرية تجارية منذ عام ١٩٥٨ ، وذلك فى صورة وصفات للرش تُنْتَج بتخمير الأبواغ . تتحلل هذه السموم بيولوجيا وهى مأمونة بالنسبة للإنسان وغيره من الكائنات غير المستهدفة ، ولذا فإنها تمثل اختياراً مُفَضَّلاً للاستخدام فى التطبيقات الحساسة بيئياً . فى الفصل الأخير من كتاب راشيل كارسون الكلاسيكى «الربيع الصامت» الذى نشرت أولى طبعاته عام ١٩٦٢ ، رأت المؤلِّفة أن الرش بالبى تى ـ مع المقاومة البيولوجية ـ هو الطريق القويم بعيداً عن المبيدات الحشرية الماكثة persistent المدمرة للبيئة ، مثل الـ د د ت . ولقد تزايد إنتاج مبيد بى تى بشكل كبير منذ التسعينات ، ويمثل هذا المبيد النسبة الأكبر فى سوق المبيدات البيولوجية للآفات ، ومن المتوقع أن تبلغ مبيعاته نحو ٣٠٠ مليون دولار على نهاية هذا القرن . على أن استخدام البى تى مقيد بتكاليف إنتاجه المرتفعة ، كما أنه سريع التحلل فى الحقل بسبب عدم ثبات بروتيناته المتبلِّرة .

أمكن التوصل إلى أول تتابع دناوى لجين يشفر لسم بى تى عام ١٩٨٥ . يوجد تنوع واسع من سلالات البكتيرة بى تى فى الطبيعة يمكن من بينها اختيار جينات السم . وعلى سبيل المثال : تمكنت شركة ميكوجين Mycogen من تجميع بضعة آلاف من سلالات بى تى من نحو خمسين دولة من أجل الفحص . تمت الآن كَلْوَنَةُ وسَلْسَلَة عدد كبير من جينات سم بى تى ، ومن الممكن أن تصنف هذه الجينات فى أربع فئات رئيسية : فئة جينات كراى١ cry1 وهى أكثر الفئات التى دُرست ، وهى متخصصة للغاية فى إنتاج السموم ضد أنواع الفراشات وأبى دقيقات (عائلة حرشفيات الأجنحة) ؛ وفئة جينات

كراى٢ ولها مجال عريض من النشاط المعقد وسمومها تعمل ضد حرشفيات الأجنحة ، والذباب (ذوات الجناحين) والخنافس (غمديات الأجنحة) ؛ وفئة كراى٣ ، وهذه تعمل ضد غمديات الأجنحة ؛ وجينات كراى٤ النشطة ضد ذوات الجناحين . وسموم البى تى منتجات لجينات مفردة ، ثم إن أمانها وكفاءتها والبساطة النسبية لتركيبها ووراثتها قد جعلت منها مادة نموذجية للبحوث المبكرة فى تطوير المحاصيل عبر الجينية .

هُنْدِست الجينات المشفِّرة لسموم بى تى أول مرة فى نبات طباق عبرجينى باستخدام الأجروبكتريوم ، وكان ذلك بشركة بلانت جينيتيك سيستمز Plant Genetic Systems ، ومقرها بلجيكا . والطباق *Nicotiana tabacum* ينتمى إلى العائلة التى تضم البطاطس *Solanum tuberosum* والطماطم *Lycopersicum esculentum* ، وهو نبات تجارب نموذجى بالنسبة لهذا النوع من البحوث . كانت أوراق الطباق عَبر الجينى سامة للغاية بالنسبة لدودة الطباق *Manduca sexta* ، وهذه إحدى الآفات الخطيرة التى تصيب نبات الطباق ، وكان النسل الناتج من بذور هذه النباتات أيضاً ساماً مقاوماً للحشرة . لكن يرقات بضعة أنواع أخرى من الفراشات الخطيرة اقتصادياً ، مثل فراشة هليوثيس *Heliothis* وسبودوبترا *Spodoptera*(دودة ورق القطن) ، كانت أقل حساسية لسم بى تى ، وعلى ذلك فإنها تتطلب مستويات أعلى من تعبير الجينات المنقولة بالنباتات عبر الجينية . أعلنت شركة مونسانتو نتائج مشابهة فى صيف ١٩٨٧ . وبعد هذا بزمن قصير أعلنت شركة أجراسيتوس Agracetus نجاحها فى إنتاج طماطم عبرجينية ، أيضاً بنقل جين سم البى تى بطريقة الأجروبكتريوم ، وقد أضفى الجين المقاومة ضد يرقات حرشفيات الأجنحة فى النباتات المحورة ، وفى نسلها . تمت أول موافقة بالولايات المتحدة على إجراء اختبار حقلى لنبات مطعم

(كان الطباق) يحمل جين بى تى فى عام ١٩٨٦ . منحت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة عام ١٩٩٥ الموافقة النهائية على أولى المحاصيل التجارية المُهندسة وراثياً لإنتاج مبيد حشرى ، التى تحمل جيناً يشفِّر لسم بى تى . كان من بين هذه المحاصيل سلالةُ راصيت بيربانك Russet Burbank محورةٌ وراثياً ، وهذه أكثر سلالات البطاطس انتشاراً فى أمريكا ، وقد أنتجتها شركة مونسانتو بالتعاون مع جامعة ويسكونسين . كانت سلالةُ هذه البطاطس (واسمها التجارى نيوليف Newleaf) مقاومة لخنفساء كلورادو *Leptino tarsa decemlineata* .

من المشكلات التى تظهر كثيراً مشكلة الحصول على مستويات عالية من تعبير جين سم البى تى فى النباتات عبر الجينية . فى تجربة استرشادية نُشِّط السم الناتج عن جين مُطَعَّم باستخدام الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس . يتم التغلب بالتدريج على هذه المشكلة وعلى غيرها من المشاكل . تُطَوِّر كل الشركات الكبرى للكيماويات الزراعية والبيوتكنولوجيا نباتاتِ محاصيل عبرجينية تحمل جينات مشفِّرة لسم البى تى .

شركة سيبا-جايجى تنتج ذرة بى تى

قامت عدة مجاميع بحثية بتحوير الذرة (*Zea mays*) لمقاومة الحشرة الثاقبة الأوروبية (*Ostrinia nubilalis*) وغيرها من الحشرات . دمجت شركة مونسانتو ، مثلاً ، جين البى تى (المسمى ييلدجارد YieldGard) فى حبوب ذرة هجين . قد تصيب الحشرة الثاقبة هذه ٢٤ مليون هكتار بالولايات المتحدة ، وقد تسبب خسائر تصل إلى ٢٠ %من المحصول الكلى . فى كل عام تُستخدم ضد هذه الحشرة كميات ضخمة من المبيدات الحشرية ، تصل قيمتها إلى ما بين ٢٠ و٣٠ مليون دولار . لكن مكافحة هذه الحشرة أمر عسير لأنها تقضى معظم دورة حياتها داخل النبات .

طورت شركة سيبا-جايجى (التى أصبحت الآن جزءاً من شركة نوفارتيس متعددة الجنسية ، ومقرها فى سويسره) طورت ذرةً عبرجينية بأن دمجت فيها جيناً يشفِّر لتوكسين بى تى يعمل ضد الحشرة الثاقبة الأوروبية ، ثم إنها دمجت فيها أيضاً جيناً يشفر لإنزيم يُضفى المناعة ضد مبيد الأعشاب باستا - والمادة الفعالة فى هذا المبيد هى جلوفوسينيت أمونيوم (أنظر الفصل الرابع) . ومثل كل النباتات عبر الجينية ، دُمج أيضاً جين واسم فَرَّاز يضفى المناعةُ ضد مضاد حيوى (كان الأمبيسلِّين هنا) وجينات منشطة للتحكم فى تعبير الجين الغريب بالنبات عبر الجينى . كانت ذرة ماكسيمايزر هذه (Maximizer) ، لشركة سيبا-جايجى/نوفارتيس هى أول محصول محصول عبرجينى تجارى يحمل خصيصتى مقاومة الحشرات ومقاومة مبيد أعشاب .

دُمج جين توكسين بى تى فى الذرة بعملية تضمنت بضع مراحل وجينين واسمين . رُبط جين بى تى أولاً بواسم ، ودُمج فى بلازميد بكتيرى . كان اسم واسم المضاد الحيوى«بلا» bla ، وهو جين مأخوذ من بكتريا سالمونيلاّ باراثيبى *Salmonella parathypi* ويشفر لإنزيم يثبط الأمبيسلِّين . يقع هذا الجين تحت سيطرة جين منشط بكتيرى ، وهذا المنشط موجود بالفعل فى الذرة لكن دون أن يُعبَّر عنه . يمكن بالمعاملة بالمضاد الحيوى أن تُفْرَز خلايا البكتريا التى تحمل جين مقاومة الأمبيسلِّين . تحمل هذه الخلايا بالطبع جين سم البى تى لأنه مرتبط بجين مقاومة المضاد الحيوى ويقع قريباً منه على البلازميد الناقل . سُمح لهذه البكتريا المفروزة بأن تتكاثر ، ثم عُزِلت منها البلازميدات .

عُزِل جين (يُسمى بار bar) يُضْفِى المقاومة ضد مبيد الأعشاب (الجلوفوسينيت أمونيوم) ، عُزل أصلاً من بلازميد مأخوذ من بكتريا ستريبتومايسيز هيجروسكوبيوس *Streptomyces hygroscopius* . يقوم هذا

الجين فى وجود الجينات المنشطة له بإنتاج إنزيم يضفى المناعة ضد مبيد الأعشاب ، إذ يُنتج فائضاً من هذا الإنزيم الذى يتسبب تثبيطه فى سمية المبيد . دُمج هذا الجين فى بلازميد بكتيرى وكُلْونت البكتريا ثم عزلت منها البلازميدات .

ثم استُخدمت قاذفة الجسيمات فى إطلاق البلازميدين فى وقت واحد على خلايا نبات الذرة ـ البلازميد الحامل لجين توكسين بى تى والآخر الحامل لجين مقاومة مبيد الأعشاب . نُمِّيَتْ خلايا نبات الذرة فى مستنبت مُغَذٍّ ، ثم رُشَّت بمبيد الأعشاب باستا : تبقى فقط الخلايا التى استوعبت جين مقاومة المبيد العشبى ، وتتكاثر . البعض من هذه الخلايا سيحمل أيضاً جين البى تى . هُجِّنت بعدئذ النباتات التى نَمَت من الخلايا المحورة ، بسلالات أخرى باستخدام تقنيات تربية النبات التقليدية لإنتاج بذور هجينة تجارية .

تقول شركة سيبا سيدز Ciba Seeds ـ التى سَوَّقت البذور الهجينة عبر الجينية فى أواسط التسعينات ـ أن جين مقاومة باستا قد استُعمل فقط كأداة فى التطوير . لم يكن مسموحاً برش المبيد باستا فى حقول الذرة عندما وصلت ذُرة سيبا السوقَ . على أن شركة هوكست/ أجرإيفو Hoechst/ AgrEvo قد تقدمت بطلبات للسماح برش حقول الذرة بالمبيد باستا . ستكون الموافقة على هذه الطلبات مفيدة لكلا الشركتين ، إذ ستزيد من مبيعات المبيد العشبى باستا ، كما سترفع من مبيدات البذور عبر الجينية ، بالعلاوة فى أسعارها . والمعروف أن نبات الذرة حساس للجلوفرسينيت أمونيوم وغيرها من مبيدات مجموعة الفوسفينوثريسين phosphinothricin ، مما يُحَجِّمُ من استخداماتها فى حقول الذرة . وعلى هذا فإن الأغلب أن يرحب المزارعون ـ الذين يقاسون من مشاكل الحشائش فى حقول الذرة ـ فى

حماس بتطوير سلالات من الذرة مقاومة لهذا المبيد ، لاسيما إذا كانت تحمل أيضاً جيناً فعالاً ضد الحشرة الثاقبة الأوروبية .

أعلنت سيبا-جايجى عام ١٩٩٦ أن بذور الذرة عبر الجينية قد بيعت بالكامل خلال بضعة أيام . زُرع من هذه الذرة عام ١٩٩٦ بالولايات المتحدة ١٨٠٠٠ هكتار ، لتُنتج ٠,٦١ %من المحصول الكلى للدولة من الذرة . وفى عام ١٩٩٧ وصل إنتاجها إلى نحو ٨ %من المحصول الكلى . والأرجح أن تتزايد النسبة فى السنين التالية .

مثبطات البروتييزات واللكتينات

توكسينات بكتريا البى تى متخصصة ، تعمل فقط ضد مجاميع بعينها من الحشرات ، وهذا أمر مفيد من نواحى عديدة ، غير أنه يعنى محدودية مجال استخدام أى جين بى تى معين فى وقاية المحاصيل . هناك عدد من آليات مقاومة الحشرات أكثر عمومية ، تضفى المناعة ضد مجال واسع من أنواع الآفات الحشرية . فمثبطات البروتييز protease inhibitors مثلاً مواد واسعة الانتشار فى المملكة النباتية ، لاسيما فى البذور وأعضاء التخزين ، إذ تشكل عادة ما بين ١ %و١٠ %من محتواها البروتينى . تشكل هذه الجزيئات معقدات مع إنزيمات هاضمة معينة ، حيوانية وبكتيرية ، فتمنع هذه الإنزيمات من تحليل البروتين . هى تلعب إذن دوراً دفاعياً هاماً ضد آكلات النبات . تَنْشَطُ جينات تثبيط البروتييزات فى أغلب الأحوال للرد على هجوم الحشرات أو عند حدوث جروح بالنبات ، لتتجمع المثبطات فى الأوراق عقب وقوع الأذى . يفرز النباتُ عند حدوث عطب بأنسجته موادَ كيماوية تسمى « عوامل حث مثبطات البروتييزات » (PIIF) ، وهذه تَسْتَحِث تكوين مثبطات البروتييزات ـ وقد تحدث استجابة النبات خلال عشر ثوانٍ وتستمر بضع ساعات . ينقل الجهاز الوعائى للنبات مثبطات البروتييزات إلى أجزاء

النبات المختلفة . تقترح بعض التقارير أن أسلحة الدفاع هذه ، التى تستحثها الجروحُ ، قد تُسْتَثَار حتى فى النباتات التى توجد بقرب النبات المُصاب .

حُدِّدت فى البطاطس أول الجينات المشفرة لمثبطات البروتييزات ، وكان ذلك على يدى مجموعة كلارنس ريان بجامعة ولاية واشنطون . أمكن تحديد عدد من عائلات مميزة من مثبطات البروتييزات فى أنسجة النبات . ولقد ركزت البحوث على واحدة من هذه العائلات ، مثبطات التريبسين من اللوبيا cowpea (*Vigna anguiculata*) . عُرِفت هذه المثبطات بأنها تُسْهِم فى مقاومة خنفساء بذور اللوبيا (*Collosobruchus maculatus*)وغيرها من الآفات الحشرية فى الحقل . تعمل مثبطات تريبسين اللوبيا (م ت ل) (CpTI)على موقع حفَّاز catalyticمن إنزيم بروتييز يسمى التريبسين ، فيمنع الحشرة من هضم البروتين فى غذائها . ولقد أوضحت مثبطات التريبسين النقية ، عند إضافتها فى أغذية اصطناعية ، أن لها آثاراً مضادة للأيض فى مجال عريض من الآفات الحشرية . حُدِّد بعد ذلك جينٌ يشفر للمُثَبِّطِ م ت ل ، ونُقِلَ إلى أقراص من أوراق نبات الطباق باستخدام الأجروبكتريوم توميفاشنس . تَسَبَّب التعبيرُ عن الجين م ت ل فى زيادة المقاومة ضد دودة براعم الطباق (*Heliothis virescens*) . تم هذا العمل فى شركة الوراثة الزراعية Agricultural Genetics ، ومقرها كيمبريدج بريطانيا ، ولهذه الشركة حقوق ملكية الجين م ت ل .

يلزم أن يُعَبَّر فى الأوراق عن مستويات عالية من مثبطات البروتييزات لضمان إفسادها لهضم الحشرات . والأغلب أن تتسبب النباتات عبر الجينية ، التى تحمل جينات تثبيط البروتييزات ، فى إبطاء تنامى عشيرة الآفة الحشرية لا أن تبيدها ، وإن كانت نسبة ما يموت منها ستزداد إلى حد ما . وعلى هذا فإن الضغوط الانتخابية لتطوير الحشرات للمقاومة لمثبطات

البروتييزات ستكون أقل من مثيلاتها فى البى تى وغيره من التوكسينات الخطيرة . لكن آلية المقاومة قد تجعل تسويقها للمزارعين أصعب ، مقارنة بالطرق التى تقدم شواهد ملموسة على قتل الآفة .

واللكتينات lectinsمجموعة من بروتينات مشتقة من النبات تسبب التصاق الخلايا سوياً (فيما يسمى بالتَّلَزُّن) ، وهى فى بذور وأنسجةِ البقوليات سامةٌ بالنسبة للحشرات غير المكيفة للحياة على نباتات العائلة البقلية . نُقِل جين لكتين من البسلة إلى البطاطس لإضفاء صفة مقاومة خنفساء كلورادو وغيرها من الآفات . فى عام ١٩٩٠ زُرِع حقل ببطاطس ديزيريه Desiree تحمل جين لكتين ، وكانت درنات البطاطس قد هُنْدِست بشركة نيكرسون إنترناشيونال Nickerson Int . فى نورفوك . كانت هذه أول زراعة كبرى لمحصول مهندس وراثياً بالمملكة المتحدة . عُرِفت جينات لكتين أيضاً فى عائلات أخرى . ثمة جين لِلِّكتين ـ نقلته شركة أكسيس جينتيكس Axis Genetics ، ومقرها كيمبريدج انجلترا ـ نقلته من زهرة اللَّبن *Galanthus* (*nivalis*) (وهذه من العائلة الزنبقية Liliacae) إلى البطاطس ، وأختُبِر لنشاطه كمبيد حشرى . ظهر أن لِلكتين نبات زهرة اللبن أثراً منفراً ومقرفاً لدى المن . أجريت بمحطة روثهامستيد عامى ١٩٩٥و١٩٩٦ تجارب حقلية على بطاطس عبر جينية تحمل جينات لِلِّكتين ، كما استُخدمت فى إنتاج نباتات عبرجينية جيناتٌ تشفر لمثبطات البروتييزات ولِلِّكتين بجانب جينات أخرى ، مثل جينات توكسين بى تى .

تهَريم الجينات

فتحت تعبئة بضعة جينات مختلفة ، تشفر لبروتينات ذات وظائف مختلفة ، فى ناقل واحد لإنتاج «كاسيت» متعدد الجينات ، فتحت احتمالات عديدة مثيرة لتطوير النباتات عبر الجينية . وتجميع بضع صفات

فى نفس النبات ، فيما يسمى أحياناً بالتهريم pyramiding ، هو استراتيجية ترتكز على ما تقوم به النباتات طبيعياً لحماية نفسها . حُقِّق هذا المدخل عملياً لأول مرة باستخدام جينات لآليات مختلفة فى مقاومة الحشرات . أدمجت جينات تشفر لمثبط بروتييز ، ولكتين بسلة ، فى جينوم نبات الطباق . ولقد أفصح النبات عبر الجينى عن آثار تجميعية لمنتجات الجينين ضد دودة براعم الطباق . وعلى هذا ، فإن هذا المدخل قد يوفر نباتات أفضلَ مقاومة للحشرات . والمفروض أن يقلل تهريم الجينات من قدرة الحشرة على تطوير مقاومة للسموم التى يُعَبَّر عنها فى النبات عبر الجينى .

طورت شركة مونسانتو سلالة من قطن عبرجينى ، استوعبت جيناً يشفر لسم بى تى وآخر يشفر لمستويات عالية من التربينات terpenes (وهذه كيماويات توجد فى الزيوت النباتية الرئيسية) ، وكان الهدف هو إبطاء تطوير الحشرات لصفة مقاومة سموم البى تى . أفصح نبات القطن عبر الجينى الناتج عن مستوى فى مقاومة دودة براعم الطباق أعلى من النباتات التى عَبَّر فيها واحد فقط من الجينين عن نفسه . والجينات التى تُعَبِّر عن مقاومة لأى صفة جديدة تكون فى الأغلب نادرة فى البداية ، كما تنشأ مستقلة عن أى آلية مقاومة أخرى . وعلى هذا فإنا نتوقع أن تكون آحاد الحشرات الحاملة لجينات مسئولة عن مقاومة اثنين أو أكثر مِمَّا هُرِّم فى نبات عبرجينى ، نادرةً للغاية . ولكى يكون لمدخل التهريم أقصى فعالية يلزم أن يُطَبَّق مبكراً قبل أن تبدأ الحشرات فى تطوير مقاومة لأىٍّ من الصفات المنفردة . ولقد اقتُرحت مثبطات البروتييزات ـ بما لها من أثر عام فى تثبيط هضم البروتين عند آكلات النبات ـ اقتُرحت كمرشح نموذجى للحِزَم متعددة الجينات ، فى صحبة جينات تشفر لسموم متخصصة ضد آفات بعينها . من الممكن أن يمتد تهريم الجينات إلى أى محصول غذائى حيث يعمل جينان أو أكثر فى إضفاء مزية مقاومة معينة .

المرجح أن تصبح قاطرات نقل الجينات vector constructs ، المستخدمة فى إنتاج النباتات عبر الجينية ، أكثر تعقيداً فى المستقبل ، إذ ستحمل هذه القاطرات بجانب جينات مُهَرِّمة تشفر لبروتينات معينة ، ستحمل أيضاً عدداً متزايداً من الجينات التنظيمية ، مثل منشطات النَّسْخ والتتابعات المُعَزِّزَة والمُسْكِتَة . من الممكن أن تُستغل المنشطات المختلفة لتحوير تعبير الجينات فى المحاصيل التى تنمو تحت ظروف بيئية مختلفة . من الممكن أيضاً أن تُضبَط الجينات بحيث لا تعمل إلا تحت ظروف بعينها ، فقد تُضْبَط مثلاً الجينات المشفِّرة لسموم الحشرات عن طريق جينات تَضْمَنُ ألاَّ يُعَبَّر عن السم إلا فى أوقات معينة أو فى حالات بذاتها - فى الأنسجة الخضراء مثلاً .

من المنتظر أن يتزايد فى هندسة المحاصيل إنتاج النباتات عبر الجينية التى تحمل العديد من الجينات الغريبة . تقوم كبرى الشركات المتعددة الجنسية بإنشاء مكتبات من جينات الصفات الهامة والجينات التنظيمية المصاحبة . ومع تزايد عدد الجينات المسجَّلة سيصبح من الممكن - بإبرام اتفاقيات للتسجيل المتبادل بين الشركات - أن تُضَمَّن صفاتٌ متعددة فى نفس الأصناف عبر الجينية . وعلى سبيل المثال هناك اتفاقية أبرمت بين شركتى مونسانتو وكالجين أمكن بمقتضاها أن تُضَمَّن جيناتٌ تعبر عن زيوت فريدة فى محاصيل الشلجم ، ومعها جينات تشفِّر لمقاومة مبيدات الأعشاب . ثمة عدد من الجينات المسجَّلَة لسموم البى تى ، الفعالة ضد مجاميع حشرية مختلفة ، قد أتيحت الآن لتولج فى المحاصيل ، ليُدفَع الجُعْلُ لصاحب البراءة . وقد تصل إلى السوق قريباً سلسلة من النباتات «المُفَصَّلَة» تحمل عدداً من الجينات المسجلَة تشفر لعدد من الصفات المختلفة .

هناك حد أقصى عمليّ لعدد الجينات التى تولج فى النباتات عبر الجينية ، حد تفرضه الصعاب المحتملة التى قد يواجهها مصنِّعو الغذاء فى الحصول

على موافقات التسويق . استطاع مَنْ وَجّهوا النقد إلى ذرة سيبا- جايجى/نوفارتيس أن يثيروا القَلَقَ حول السموم الحشرية ، وحول زيادة استخدام المبيدات العشبية أثناء زراعة المحاصيل ، وحول انتقال مقاومة المضادات الحيوية إلى الكائنات الدقيقة التى تحيا بأمعاء الإنسان . ولقد يعنى تزايد الصور المختلفة من المحاصيل المحورة وراثياً ، بسبب حملها توليفات جينية مختلفة ، قد يعنى أن الصور المختلفة تحمل واسمات مختلفة ، واسمات تنتقل مع النبات لتظهر فى الأغذية المصنّعة ، كما قد تؤثر توليفة الصفات المنقولة إلى المحصول فى صلاحيته بالنسبة لاستخدامات تتعلق بالغذاء .

من بين المعوقات الرئيسية التى تواجه هندسة النباتات وراثياً ، حقيقةُ أن الكثير من الصفات الهامة تخضع لتحكم جينات متعددة ، نعنى أن الصفة الواحدة تحتاج فى وراثتها إلى عدد كبير من الجينات . تكونَ التقنيات الحالية أكثر ما تكون فعالية عند التعامل مع الصفات التى يتحكم فيها جين واحد - مثل توكسينات البى تى . لكن ، قد يمكن إنتاج البروتينات المعقدة على مراحل . فعلى سبيل المثال ، أمكن إنتاج الجسم المضاد لجلوبين المناعة ، الذى يتألف من سلسلتين ، بتهجين سلالتين عبرجينيتين من نبات الطباق كل يحمل واحدة من سلسلتى البروتين ، ليظهر الجسم المضاد ذو السلسلتين فى النسل - وكان فعالا . وقد تُوَسِّع هذه التقنية من إمكانية إنتاج المحاصيل عبر الجينية التى تزرع لإنتاج الطعام .

مزايا لمقاومة الحشرات

يقدم التحوير الوراثى للمحاصيل الكثير من المزايا المحتملة التى تفوق الطرق الحالية لمكافحة الحشرات . لم يعد الأمر يتوقف على الطقس ، فالوقاية متوفرة حتى لو كان الطقس قاسياً للغاية أو كانت الحقول موحلة لا تسمح بالرش التقليدى . ثم إن التحوير الوراثى للنبات سيضفى الوقاية أيضاً على أجزاء

النبات التى يصعب الوصول إليها بالرش ، مثل الأوراق السفلى والجذور ، وكذا النموات الجديدة التى تظهر ما بين الرشات ، بالإضافة إلى أن الأمر لن يتطلب مراقبة الحقول لتحديد موعد الرش ، فعوامل الوقاية موجودة دائماً . ستقدم المحاصيل عبر الوراثية المقاومة للحشرات فوائد جليلة للمزارع ، خصوصاً منها ما يتطلب الرش الثقيل بالمبيدات ، إذ سيوفر المصاريف والجهود والمعدات .

وتكاليف تطوير سلالة بذور مهندسة وراثياً تقل كثيراً عن تكاليف إنتاج مبيد حشرى كيماوى جديد ، فما يُسْتَثْمَر فى ابتكار وتطوير وتسجيل وإنتاج مثل هذا المبيد الحشرى يزيد على ٢٥ مليون دولار ، بينما لا تتعدى تكاليف تطوير سلالة جديدة من المحصول المليون دولار .

يَعدُ استخدام المحاصيل المقاومة للحشرات أيضاً بتحسينات فى البيئة مقارنةً بطرق الرش التقليدية . سيقل حجم المبيدات الحشرية المطلوبة للمحاصيل عبر الجينية المقاومة للحشرات ، لأن مادة قتل الحشرات موجودة بالفعل فى أنسجة النبات ، وعلى هذا فسيقل الانسياق وراء الرش وما يصطحبه من مشاكل ، ليصبح أقل شأناً . وسيقل أيضاً بصورة جوهرية تلوث الماء الأرضى حول المزارع . وإذا ما توقف الرش بالمبيدات خَفَّ أثرها الضار على الحشرات المفيدة ، مما سيؤدى واقعياً إلى أن تعمل المكافحة البيولوجية فى تعضيد التوكسينات بالنباتات لتوفير مقاومة أكثر فعالية ضد الآفات الحشرية . لن تتعرض للمبيدات الحشرية التى تُرش على الحقولِ الكائناتُ غير المستهدفة من نحل وديدان أرض وطيور وثدييات ، فتوكسين البى تى ومركبات مثبطات التريبسين ليست سوى بروتينات تتحلل بيولوجيا بسهولة إلى مواد غير سامة .

ولقد اقتُرِح أن للمحاصيل المُهَندسة آثاراً طيبة على صحة الإنسان مقارنة

بالمحاصيل التى تُرش تقليدياً . سيقل عدد مَنْ يُسَمَّم من العاملين بالرش ، وسيكون لهذا أهميته الكبرى فى الدول النامية التى كثيراً ما تفتقر إلى التدريب ومعدات الوقاية . كما أن مراقبة الأمان فى أغذية الإنسان ستكون أسهل مع المحاصيل عبر الجينية مقارنةً بالمحاصيل التى تُعَامَل بالكيماويات ، فَطبيعة المادة المضافة معروفة سلفاً بالنسبة للمحاصيل عبر الجينية لأن خصائص الجينات الغريبة مفهومة بالكامل . كما أن تقدير مخاطر بقايا الرش التقليدى يتطلب استخدام آلات تحليل غالية السعر . وسُمِّية الكثير من بقايا الرش التقليدى معقدة ، لأن كوكتيل الكيماويات قد يتألف مثلاً من : أكثر من مبيد حشرى ، ومبيد أعشاب ، ومبيد فُطريات . ومثل هذه المخاليط كثيراً ما تحمل مواد خطرة على صحة الإنسان . كما وقد تحدث أحياناً تفاعلات غير متوقعة بين المواد الكيماوية بها . وعموماً فالمفروض أن تنخفض بقايا مبيدات الآفات ، فى الخضراوات مثلاً ، مع انخفاض استعمال المبيدات الحشرية . وآثار منتجات مبيدات الحشرات بالسلالات المرباة بطرق تربية النبات التقليدية ، لزيادة مقاومة الحشرات ، هذه الآثار عادة ما تكون مجهولة ـ فتربية النبات التقليدية غير مضبوطة فى أغلبها ، أما آثار المحاصيل المُهَنْدسة فَتُراقَب وتُنَظَّم بإحكام .

إدارة مكافحة الآفات

على أن هناك قلقاً بالغاً من نشر المحاصيل المُهندَسة التى تحمل سموم الحشرات ، ذلك أن الحشرات قد تطور مقاومة لهذه السموم . وهذا وضع يحاكى «سباق التسلح» بين الحشرات والنبات فى الطبيعة . فالنباتات التى تُطَوِّر دفاعات جديدة تنجو من هجوم الحشرات ، حتى تُطور الحشراتُ تكيفات مضادةً . وكما يحدث فى تطوير المقاومة ضد المبيدات الحشرية التقليدية ، تُنْتَخَب الحشرة التى تحمل استعداداً وراثياً أو طفرةً تمكِّنها من

الحياة على نبات يحمل السم ، ستُنْتَخب مُفَضَّلَةً على الحشرات الحساسة ، مما يؤدى إلى انتشار جين المقاومة فى العشيرة . والقصور الجزئى للمحاصيل عبر الجينية فى مقاومة الحشرات قد يُسرع من تطوير هذه الحشراتُ للمقاومة .

ولقد تطورت فى الحقل مقاومةٌ ضد الرش بالبى تى - الذى لا يزال استخدامه فى تزايد بين المزارعين العضويين بسبب نوعيته العالية للآفات الحشرية - وقد حدث هذا بعد استعماله بنحو عقد من السنين . وقد يزداد الأمر سوءاً إذا ما انتشرت المحاصيل عبر الجينية التى تحمل جيناتٍ تشفر لسموم البى تى . فالأثر التجمعى لسلسلة من المحاصيل المختلفة تحمل جينات البى تى ، سيؤدى إلى رفع مقاومة الآفة الحشرية إلى نقطة يصبح بعدها الرش بالبى تى بلا فعالية . وقد يكون لهذا نتائج وخيمة على برامج المكافحة البيولوجية التى تتضمن استخدام الرش بالبى تى ، إذ ستزداد سرعة تطوير المقاومة ضد هذه السموم باستخدام النباتات عبر الجينية عنها باستخدام الرش ، لأن النباتات تنتج السم باستمرار . ثمة خطر اضافى أُعلن عنه عام ١٩٩٧ يقول إن جيناً واحداً يوجد بالفراشة المُعَيَّنَة الظهر *Plutella xylostella* - وهذه آفة حشرية خطيرة بالنسبة للكرنبيات - هذا الجين الواحد يضفى المناعة ضد أربعة من سموم البى تى . كان من المعتقد أن تغيير نمط سم البى تى سيقلل من انتشار المناعة ، لكن تطوير المناعة المتبادلة لسموم البى تى يبدو أكثر شيوعاً مما كان يُظَن .

هناك جزء رئيسى فى إدارة المكافحة يتضمن إنشاء مناطق «ملاذ» refu-gia بالحقل أو بالمزرعة ، بها تُزرع نباتات لا تحمل - مثلاً - سم البى تى . تُصَان عشائر الآفة الحشرية غير المقاومة للسم على نباتات هذه المناطق ، ذلك أنه إذا زُرعت مناطق كاملة بمحاصيل البى تى عبر الجينية ، فلن يعيش من

الحشرات الحساسة إلا القليل لتسود بذلك وبسرعة الحشرات المقاومة . زكّت شركة مونسانتو ، مثلاً ، استخدام المنطقة الملاذ لدى مزارعى قطن البى تى (واسمه التجارى بولْجارد Bollgard) . وفى عام ١٩٩٦ أنشأت الغالبية العظمى من المزارعين مناطق الملاذ هذه . أما استراتيجية إدارة المكافحة التى توصى شركة مونسانتو بها زارعى بطاطس البى تى المسمَاة تجاريا باسم نيوليف Newleaf(والتى تُسَوِّقها شركة نيتشرمارك NatureMark التابعة) فهى ألاّ تُزرع حقولُ المزرعة جميعها ببطاطس البى تى هذه فى نفس العام ، أو ألاّ يُزرع بها حقل واحد سنتين متعاقبتين . سيكون من اللازم أيضاً دراسة ما بالإقليم من آفات حشرية ، وما به من نباتات مُضيفة host plants ـ برية أو مزروعة ـ وذلك عند رسم استراتيجية المكافحة الملائمة لمنطقة بذاتها فى الإقليم . كما يلزم أيضاً القيام بمراقبة دقيقة لظهور الحشرات المنيعة ضد السم . وعلى هذا فإن إدارة المكافحة تصبح مكوِّناً حيوياً ومعقداً فى الاستعمال الطويل المدى للمحاصيل عبر الجينية المُحَوَّرة بجينات تشفِّر لسموم حشرية . على أن مساحة منطقة الملاذ اللازمة لإدارة المكافحة لا تزال محل جدل ، كما لا يزال الغموض يكتنف قضية ما إذا كان من الملائم استخدام جرعات عالية من السم تكفى لنجاح استراتيجية «الملاذ» فى محاصيل البى تى الحالية ، ذلك أن تعبير جينات البى تى كثيراً ما يتناقص تدريجياً أثناء فصل نمو المحاصيل ، وقد يصل أحياناً إلى أدنى من الجرعة السامة ، مما يسمح بنجاة نسبة أعلى من الحشرات ويسرع من تطور مناعتها ضد المبيد . وعلى سبيل المثال ، فنجاح مناطق الملاذ فى قطن بولجارد مثلاً قد يتطلب اتساع مساحتها كما يتطلب تعبيراً أكبر عن التوكسين فى النبات .

للحشرات القدرة على تطوير المقاومة للسموم الأخرى الموجودة فى المحاصيل عبر الجينية ، لكن ذلك لا يثير إلا أقل اهتمام مباشر . فالهدف الأيضى

لمثبطات التريبسين هو الموقع الحفاز من إنزيم ، وعلى هذا يُفترض أن تكون قدرة الحشرات على تطوير آلية مقاومة لهذه السموم ، أصعب من تطوير المقاومة ضد سموم البى تى . لِلّكتينات أيضاً أسلوب فى العمل يصعب أن تُطَوِّر ضده مقاومة . على أن استراتيجيات إدارة المكافحة ستحتاج على المدى الطويل إلى أن توجه اهتمامها إلى حماية الاستخدام الكفء لكل السلالات عبر الجينية التى تمارِس ضغطاً انتخابياً على الآفات الحشرية .

كان من بين الحجج التى تزكِّى التحركَ السريع نحو الزراعة التجارية للمحاصيل عبر الجينية أن ذاك هو الطريق الأوحد للتفهم الكامل لأفضل طرق إدارة المكافحة . وعلى هذا فقد أجريت تجارب واسعة النطاق لمراقبة تطوير الحشرات للمقاومة عند زراعة هذه المحاصيل تجارياً . كان ذلك قراراً خلافيا ، ورأى النقاد أن مثل هذه الزراعات التجارية تتم قبل أوانها . جادلوا بأن موافقتنا على طرح النباتات السامة للحشرات ، عارفين بوضوح أنها قد تسرع من تطوير مقاومة الحشرات لها ، ليس بالطريقة المسئولة عند تخطيط سياسة مكافحة طويلة الأمد للآفات . فالضغوط التجارية للتحرك بسرعة لنشر هذه المحاصيل عبر الجينية على نطاق واسع ، دائما ما تعنى عدم اكتمال الدراسات الأساسية ، حول التفاعل بين الحشرة والنبات ، على الوجه الملائم . إن المعلومات المُعَزِّزَة - التى تربط مثلاً بين مستويات قتل الآفات وبين مستويات السموم فى أوراق النبات - ستبطىء من عملية نشر المحاصيل المقاوِمة للحشرات ، وهذا مالا تريده الشركات التى تبحث عن عائد لاستثماراتها . ومن ناحية أخرى فإن عدم توفر هذه المعلومات قد يؤدى فى نهاية الأمر إلى فشل المحصول ، مما قد يضر بمصالح الشركات المعنية .

فى عامى ١٩٩٦و١٩٩٧ أعلن عن مشكلات فى المحاصيل عبر الجينية المزروعة تجارياً - وعلى الأخص فى القطن عبر الجينى . فى عام ١٩٩٦ فشل

قطن مونسانتو (بولجارد بى تى B.t. Bollgard) فى حماية نفسه من دودة الأرز *Pectinophora gossypiella* وغيرها من الحشرات التى صُمِّم لإبادتها . كان هذا القطن قد زُرع لدى ٥٧٠٠ مزارعاً فى نحو ٨٠٠ ألف هكتار ، أى ما يوازى ١٣ %من المساحة التى زرعت قطناً بأمريكا ذلك العام . دمرت الحشرات مساحة من هذا القطن بلغت ٨٠٠٠ هكتار ، مسببة خسائر قُدرت بما يزيد على البليون دولار . اتضح فيما بعد أن أوراق القطن لا تنتج إلا القليل جداً من السموم التى تقتل اليرقات . قد يرجع هذا إلى أن السموم لم يُعبر عنها إلا بمستوى منخفض للغاية ، أو لأن السموم لم توزع بانتظام فى الأوراق (فأصبحت موزايكية بالنسبة للسم) لتتجنب الحشرات المناطق ذات السم المرتفع وتتغذى على المساحات منخفضة السم . نصحت مونسانتو المزارعين بأن يرشوا المبيدات الحشرية التقليدية لمحاولة إنقاذ ما يمكن انقاذه من محصول القطن . ربما تسببت الدعاية الضخمة لقطن بولجارد بى تى فى أن يتوقع المزارعون الكثير غير الواقعىّ عن قدرة هذا القطن على التغلب على العشائر الكثيفة من دودة لوز القطن . لكن مونسانتو تقول إن المشكلة لم تحطم ثقة المزارع ، فقد أَجْرَت مسحاً على مزارعى القطن هؤلاء بعد محصول ١٩٩٦ ووجدت أن الغالبية راضون عن كمية الإنتاج . أعلنت مونسانتو أن المزارعين قد حصلوا باستخدامهم قطن بولجارد على ربح بلغ نحو ٣٣ دولاراً للهكتار ، أما باستخدام الرش بمبيدات الحشرات فقد كان أدنى بكثير . غير أن النقاد جادلوا بأن التخفيض فى المبيدات لن يحدث إلا لفترة محدودة ، لأن الآفات سريعاً ما ستغدو مقاوِمة لسموم البى تى بالنباتات عبر الجينية ، مما سيقود إلى رش مبيدات حشرية أعلى سعراً وأكثر سمية لمكافحة مشاكل الآفات . فى عام ١٩٩٧ زُرع ربع المحصول الكلى للقطن بالولايات المتحدة بسلالات عبرجينية ، وقريباً سيصبح معظم المحصول عبرجينى ، الأمر الذى

يجعل من إدارة المكافحة أمراً حيوياً للغاية إذا كان لمزايا قطن البى تى أن تظل باقية .

ثم ظهرت مشاكل أخرى فى قطن مونسانتو عبر الجينى عام ١٩٩٧ . فشل المحصول فى ولاية الميسيسيبّى ، بينما لم تتأثر تقريباً السلالات عبر الجينية . يُشتبه فى أن الجو البارد قد أثر فى السلالة عبر الجينية مما أدى إلى فساد لوز القطن . قام أكثر من أربعين مزارعاً برفع قضايا ضد شركة مونسانتو يطالبون بتعويضات تصل إلى ملايين الدولارات .

الفيروسات العَصَويَّة : هندَسة قتلٍ أسرع

من بين المداخل لمكافحة الآفات الحشرية إيلاجُ جينات فى الكائنات القاتلة بطبيعتها للحشرات ، حتى تصبح أكثر فاعلية كمُمْرِضات حشرية . والفيروسات العَصَوِيّة (أو الفيروسات النووية متعددة الأسطح) تسبب المرض للمراحل اليرقية لعدد محدود من أنواع الحشرات . يطلق على الحشرات التى تصاب بالفيروس اسم «العوائل المُبَاحة» permissive hosts . من الفيروسات العصوية فيروسٌ اسمه AcNPV يصيب طبيعياً فراشة البرسيم الحجازى الأنشوطة *Autographa californica* وعدداً من أنواع الفراشات ذات القرابة . وهذا الفيروس مسجَّل كمبيد حشرى بالولايات المتحدة حيث اختُبِر للأمان تحت بروتوكولات الوكالة الأمريكية لحماية البيئة ، وله مثل غيره من الفيروسات العصوية الكثير من المزايا كمبيد حشرى : فهو لا يصيب إلا مفصليات الأرجل ، لا الفقريات ولا النباتات ، كما أن مجال عمله محدد بعدد صغير من عائلات الفراشات . للفيروسات العصوية أيضاً خصائص تخزينية جيدة والتعامل معها مأمون كما أن إنتاجها سهل نسبياً . لكن هناك قيداً رئيسياً يقيد استعمالها وهو أنها بطيئة الفعل ، إذ تحتاج ثلاثة إلى خمسة أيام على الأقل كى تقتل الآفة الحشرية المباحة لها ، بينما

الأخيرة مستمرة فى التغذية على النبات . سعى المهندسون الوراثيون إلى إدماج سمٍّ أسرع فعالية داخل الفيروس العصوى لتقليل المدة اللازمة لقتله الحشرات ، ومن ثم تقليل الإضرار بالمحصول . ولقد تم إدماج سلسلة من الجينات فى الفيروس تشفر لهرمونات عصبية حشرية أو سموم حشرية متخصصة . نجح فيعام ١٩٩١ إيلاجُ جيناتِ سموم القراد ***Pyemotes tritici*** وسم عقرب شمال أفريقيا ***Androctonus australis*** ، وكان سم العقرب هو أكثر السموم وعداً لأغراض مقاومة الحشرات .

بدأت البحوث على الفيروسات العصوية المحورة وراثياً عام ١٩٨٦ بمعهد الفيرولوجيا وميكروبولوجيا البيئة التابع للمجلس القومى للبحوث البيئية فى أكسفورد انجلترا . وعلى عكس ما يجرى دائماً من إضفاء السرية على الكثير من البحوث المُموَّلة تجارياً ، فإن تفاصيل هذا البحث كانت تُتاح على الفور للجمهور . فى خطاب إلى مجلة نيتشر أخبر دافيد بيشوب ، مديرُ المعهد ، المجتمعَ العلمى بالطرح التجريبى الأول لفيروس AcNPV المحوَّر ، فى محطة ويفام بأكسفورد ، قبل أن يَنْشر التحليل الكامل للبيانات . كان الفيروس قد حُوِّر ليحمل واسماً وراثياً لا يؤثر فى منتجات جيناته ولكنه يسمح بتعقُّب الفيروسات فى البيئة . لم يُستخدم الرش فى نشر الفيروس . وإنما نُشر داخل يرقات مصابة لفراشة الصفصاف المبرقشة الصغيرة ***Spodoptera exigua*** . كان الهدف من هذا الطرح هو دراسة قدرة الفيروس الموسوم على البقاء فى النظام البيئى قبل نشرِ الفيروس المحور بجيناتٍ تسمم الحشرات .

واصل العلماء فى أكسفورد البحث لإنتاج فيروس AcNPV محوَّرٍ يتم فيه التعبير عن جين سم حشرى متخصص مشتق من سم العقرب . تقول نتائج التحليل المعملية لهذا الفيروس المحوَّر إنه يسبب اختصاراً قدره ٢٥ % من الزمن اللازم لقتل فراشة الكرنب الأنشوطة ***Trichoplusia ni*** مقارنة

بالفيروس العصوى البرى . بينت أولى التجارب التى أجريت بالحقل أن الفيروس العصوى المحور يقتل اليرقات أسرع ، لكن إلى مدى أقل ضراوة مما يحدث فى المعمل ، مع اختصار فى الزمن اللازم لقتل الحشرات من ٧,٣ يوماً إلى ٦,٢ يوماً بالنسبة لأعلى الجرعات ـ مقارنةً بالفيروس البرى . ولقد تسبب اختصار زمن القتل رغم ذلك فى أن يقل بشكل واضح ما يلحق بالمحصول من أضرار . تسبب الفيروس المحوَّر أيضاً فى تقليل الدورة الثانية من الإصابة ، فلم يكن يبقى إلا القليل من اليرقات حياً لفترة تكفى لإطلاق مزيد من الفيروسات العصوية إلى البيئة ، ولذا فلم تكن العوائل المصابة بالفيروس تُطْلِق من الجزيئات الفيروسية إلا ١٠ %فقط مما تطلقه عوائل الفيروس البرى . بالإضافة إلى ذلك كانت اليرقات المصابة بالفيروس العصوى المحور تُصاب بالشلل على الفور فتسقط على الأرض بعيداً عن متناول اليرقات الأخرى ، لتبقى أجسادها كاملة ، لأن ما يتكاثر بداخلها من فيروسات أقلُّ مما يكفى لتمييع أجسادها مثلما يحدث فى العدوى الطبيعية ، وعلى هذا فإن هذه اليرقات لا تنشر الفيروسات خارجها . والفيروسات العصوية خاملة خارج خلايا عائلها ، وهى تتحلل فى التربة فى نهاية الأمر . لكل هذه الأسباب ، بالإضافة إلى مجالها الضيق من العوائل ، رأى علماء المجلس القومى لبحوث البيئة أن احتمال انتشار أو بقاء الفيروسات العصوية احتمال ضئيل .

أصبح هذا العمل عندئذ بؤرة جدل دار حول قدرة الفيروسات المحورة فى التأثير على الأنواع غير المُستهدفة . جادل النقاد بأن الفيروس المحور قد يهرب ليصيب أنواعَ أخرى من الفراشات ، وأن جين العقرب قد يَعْبُرُ إلى أنماط أخرى من الفيروس ليجعلها أكثر خطراً . انزعج البعض من أعنف النقاد ـ وكان بينهم علماء من قسم الحيوان بجامعة أكسفورد ـ أزعجهم أن التجارب الحقلية كانت تُجرى قرب غابة ويثام ، وهذه منطقة هامة للدراسات البيئية ،

وهى مَحْمِيَّة طبيعية ، وقد يتعرض عدد كبير من الحشرات حرشفية الأجنحة المحلية بها إلى هذا الفيروس العصوى المحور . ركزت دراسةٌ ، تبحث فى مجال العوائل ، على حرشفيات الجناح البريطانية ، ودرست ٥٨ نوعاً من الفراشات و١٧ نوعاً من أبى دقيقات ، لتُبَيِّن ألاَّ فروق هناك فى مجال العوائل ، بين الفيروسات المحورة وغير المحورة . وقد اتضح أن بعض أنوع الفراشات عوائل مباحة للفيروس - مثل فراشة الصقر *Mimas tiliae* وفراشة أبوالهول *Sphinx ligustri*- لكنها تحتاجُ إلى جرعات عالية حتى تصاب . غير أن مارك ويليامسون قد أشار فى خطاب له إلى مجلة نيتشر أن ٥ - ١٠ %من حرشفيات الجناح البريطانية قمينة بأن تكون عوائل مباحة لفيروس AcNPV ، وهذا فيروس غير مَحَلِّى يشكل خطراً محتملاً لما يتراوح بين ١٢٥ و ٢٥٠ نوعاً ، من بينها ما له قيمة صيانية كبرى . فى استجابة لهذا الخطاب أشار بروس هاموك إلى أن الفيروس العصوى قد صُمم كمبيد حشرى يختفى بسرعة فى البيئة ، لا كوسيلة مكافحة بيولوجية تبقى موطدة فى البيئة ، وأنه فى جوهره مبيد متخصص فى أنواع بذاتها ، أكثر تخصصاً من المبيدات الحشرية المُخَلَّقَة ومن رشاش البى تى .

يبدو أن غالبية الناس لا يوافقون على الرأى القائل إن الفيروسات العصوية المحورة وراثياً تناظر المبيدات الحشرية المُخَلَّقة . كان للقلق العام الذى ثار حول تجارب الفيروس فى صيف عام ١٩٩٤ - عندما رُشَّت بالفيروس العصوى المحور مساحات مزروعة بالكرنب تحت ظروف التجريب الحقلى - كان لهذا القلق أن يدفع دافيد بيشوب إلى الإسراع بعقد إجتماع عام بأكسفورد فى نوفمبر من ذلك العالم لشرح نتائج مجموعته البحثية . أُعيدت طَمْأَنة الجمهور بأن فرصةَ هروب الفيروس العصوى وتوطيده فى البيئة الأوسع فرصةٌ ضئيلة

للغاية ، فلقد أُجريت كل التجارب الحقلية تحت ظروف صارمة تمنع التسرب - بما فى ذلك من احتواء النباتات داخل أقفاص بلاستيكية محكمة - ثم إن التجارب قد أُجريت بالتشاور مع عدد من المنظمات والأجهزة الحكومية ، من بينها منظمة الحفاظ على البيئة ووزارة البيئة . والواقع أنه قد كان من بين إسهامات مشروع الفيروس العصوى ما قدمه لتطوير البروتوكولات التى تُستخدم الآن فى طرح كل الكائنات المحورة وراثياً فى البيئة .

فى يناير ١٩٩٥ قال دافيد بيشوب فى اجتماع عقد بالجمعية الحشرية الملكية فى لندن ، أن على الفيروس العصوى المهندس وراثياً أن يكون أفضل من جين العقرب AcPNV حتى تكون له فائدة حقيقية للمزارع . فالفيروس المحور كان لا يزال يتطلب ما يقرب من الأسبوع حتى يقتل الحشرات - مقارنة ببضع ساعات تتطلبها المبيدات الحشرية التقليدية . وقد يمكن بمداخل متعددة أن نجعل هذا النموذج أكثر فعالية ، بأن ننقل مثلاً نسخاً أكثر من جين العقرب السام ، وبأن نجعل السم أكثر ثباتاً داخل الحشرة العائل . عَبَّر الحشرى جورج ماكجفَرْن ، من أكسفورد ، عن تحفظاته حول جعل الفيروس العصوى قاتلاً أكفأ ، لأنه قد يصيب مجالاً أوسع من الأنواع . كما عَبَّر تيرى توبى - وكيل إدارة الوقاية من المبيدات الحشرية بوزارة الزراعة - عبّر عن قلقه بشأن إمكانية أن نجعل السم مستقراً بقوله : « لا يصبح الرأى مستحسناً لمجرد أنك تستطيع تنفيذه» .

وفى مارس ١٩٩٥ نُحِّى دافيد بيشوب عن منصبه كمدير لمعهد الفيرولوجيا وميكروبيولوجيا البيئة . قررت إدارة المجلس القومى للبحوث البيئية أن المعهد يحتاج إلى تغيير رسالته وتغيير رئاسته . شهد اجتماعٌ عام عُقِد بأكسفورد فى نوفمبر ١٩٩٥ ، شهد ما تبقى من أعضاء الفريق البحثى وهم يحاولون تفسيرَ آخرِ نتائج عملهم الحقلى . انصبَّ التأكيد على تقدير المخاطر والأمان .

تمت سِلْسلة من التجارب الحقلية لتقدير مجال عوائل الفيروس العصوى ونسبة بقاء اليرقات حية تحت الظروف البيئية المختلفة . استمرت الاحتجاجات المحلية ضد المضىّ فى العمل البحثى . ينتهى التمويل الابتدائى فى عام ١٩٩٨ ، ويصبح مستقبل المشروع بعد ذلك مهدَّداً .

كانت الطروحُ التجريبية للفيروسات العصوية المحورة قليلةً نسبياً فى غير بريطانيا من الدول الأوروبية ، أما فى الولايات المتحدة فقد أُجْرِى عدد أكبر من دراسات الفيروس العصوى . لكن وكالة حماية البيئة سحبت موافقتها على طرح تجريبى بالولايات المتحدة يحتوى على جين لسم العقرب كانت قد اقترحته شركة أميريكان سياناميد . كان هذا الفيروس يشبه كثيراً الفيروس الذى استُخدم فى التجارب الحقلية بالمملكة المتحدة . انصب اهتمام الوكالة على ما قد يكون للفيروس من أثر محتمل على الكائنات غير المستهدفة . لكن الوكالة عادت فى سبتمبر ١٩٩٦ فوافقت للشركة على الطرح الحقلى فى اثنتى عشرة ولاية ، لاختبار كفاءة فيروس عصوى يحمل جين سم العقرب (السلالة AaIT) يعمل ضد دودة براعم الطباق وقَيَّاسة الكرنب looper ، وذلك على نباتات القطن والطباق والكرنب وكرنب بروكلى والخس . قالت الوكالة فى هذه المرة إن الفيروس العصوى لا يشكل أية مخاطر جوهرية على صحة الإنسان أو الكائنات غير المستهدفة . لم تمر هذه الطروح بالطبع دون نقد . فقد قيل إن لسلالة AaIT هذه من الفيروس العصوى معدلَ إعْدَاءٍ أعلى من الفيروس غير المحوّر . كما ارتاب النقاد فى الإجراءات التجريبية ، لاسيما الاستخدام واسع النطاق للجير كوسيلة لتثبيط الفيروس بعد اختبارات الحقل . وعموماً فإن التشريعات التى تغطى المبيدات البيولوجية للآفات أقل صرامة بالولايات المتحدة عنها بالمملكة المتحدة ، وقد يُسَوّق أول الفيروسات العصوية المحورة لمزارعى الذرة والقطن الأمريكيين على عام ١٩٩٩ .

الفصل السادس

الأغذية المفصَّلة والنباتات المهَنْدَسَة

للهندسة الوراثية قدرة كامنة هائلة على تحوير المحاصيل ، وسنعرض فى هذا الفصل مجالاً عريضاً مما تم من تطوير فى تحسين المحاصيل ، ومما لا يزال تحت التطوير.

تحويرات فى تصنيع الأغذية وفى مَذَاقِها

كانت الطماطم هى أول ما سُوِّق من الخضراوات المهندسة وراثياً .للطماطم جينوم صغير ، والتعامل معها سهل ، وقد استُخدمت فى بعض التجارب الأولى على تقنيات المنابلة الوراثية .هناك فريقان بحثيّان تُنْسب إليهما الريادة فى التحوير الوراثى للطماطم من أجل تأخير النضج :شركة كالجين Cal-geneبالولايات المتحدة ، وجامعة نوتنجهام بالتعاون مع شركة زينيكا Zenecaوكانت آنئذ قسماً من شركة آى سى آى (ICIبالمملكة المتحدة. وقد استَخْدم الفريقان تكنولوجيا إسكات الجينات gene silencing.

كَلَّفت شركة كامبلز سُوبْس Campbell's Soups- التى تصنِّع من الطماطم مئات الآلاف من الأطنان كل عام - كَلَّفت شركة كالجين ، ومقرها ديفيز كاليفورنيا ، بتطوير طماطم تبقى صلبة فترةً أطول .أخذت الشركة مفتاح هندسة هذه الطماطم من طماطم طافرة بجنوب أمريكا لا تنضج أبداً. حُدِّد أولاً الجين الذى يجعل الثمرة لينة أثناء عملية النضج .يُشَفِّر هذا الجين لإنزيم يسمى ب ج PG ، وهذا واحد من زمرة إنزيمات تسمى البكتينيزات pectinasesتحلل البكتين ، ذلك المكون الرئيسى لجدر الخلايا ، فتستحيل أنسجة النبات الصلبة إلى أنسجة لينة أثناء عملية النضج .قامت شركة

كـاجلين إذن بتـصنيع جين التـعطيل antisense gene : تتـابع دنا مصـنَّع يحمل قواعد مكملة لتتابع دنا جين ب ج الهدف .نُقِل إلى جينوم نبات الطماطم جينُ التـعطيل هذا ، ومعـه الجين المنشط promoter geneوجين مضاد حيوى واسم .يقوم الرنا-م لجين التعطيل بالارتباط بالرنا-م الناتج عن جين ب ج بجينوم النبات قبل أن يتمكن هذا الرنا الأخير من تنفيذ ما به من معلومات ، فيُثَبِّطه .فإذا لم يتمكن الجين ب ج من التعبير عن نفسه ، فلن يتمكن النبات من إنتاج إنزيم البكتينيز ، ولن تحدث عملية تليين الثمرة ، بينما لن تتأثر عمليات الإنضاج الأخرى مثل تغيير النكهة واللون .تنتج طماطم كاجلين ١ %فقط من الكمية الطبيعية من إنزيم ب ج .والمعروف أن الثمرة إذا لانت انجذبت إليها بكتريا أكثر وطحالب ، مما يتسبب فى الإسراع من فسادها .وعلى هذا فإن نسبة الجوامد إلى الماء ستكون أعلى فى الطماطم الأكثر صلابة ، كما ستكون أبطأ كثيراً فى التعفن .

تُترك ثمار الطماطم المحورة لتنضج على النبات لكن فترة بقائها على الرف معروضةً للتسويق ستكون أطول كثيراً .والثمار التى تنضج على النبات دائماً ما تكون أفضل مذاقاً من تلك التى تُقطف لتنضج أثناء النقل ، كما أنها تحتفظ أيضاً بنكهتها وقوامها لفترة أطول .وبسبب خصائص نكهتها سُميت هذه الطماطم المحورة اسم فليفر سيفر Flavr Savr- وهذا هو الاسم الذى منحته شركة كاجلين لجين التعطيل ، المسجل باسمها ، الذى استخدمته فى إنتاج الطماطم .لكن العامل الأهم بالنسبة لمصنِّعى الأغذية هو نقص محتواها من الماء .ذلك أن النسبة الأعلى من الجوامد إلى الماء فى الطماطم المهندسة عند القطف ، إنما تعنى توفيراً كبيراً فى تكاليف الجنى والنقل والتصنيع ، لأن الثمار ستكون أكثر تركيزاً عندما تُصَنَّع إلى عجينة أو صلصة. من بين المزايا الأخرى أيضاً انخفاض فساد الثمار أثناء النقل ، وقلة ما

تحتاجه من المعاملات من مبيدات الفُطر .استُخدمت هذه الطماطم بدايةً فى إنتاج الحساء الذى تصنّعه شركة كامبلز سُوبس ، وفى إنتاج عجينة الطماطم والكاتشاب .

سمحت مصلحة الغذاء والدواء بتسويق طماطم فليفر سيفر فى أمريكا فى مايو ١٩٩٤ ، وكانت أول ما وصل السوق من خضراوات أو فواكه طازجة مهندسة وراثياً ، عندما عرضت للبيع فى أواخر عام ١٩٩٤ فى ٧٣٠ محلاً عبر الولايات المتحدة .ثمة تقرير مفصل صدر عن مصلحة الغذاء والدواء بشأن طماطم فليفر سيفر يقول إنها لا تختلف من الناحية الغذائية عن الطماطم المألوفة .لكن التقرير ذكر أن الطماطم تحمل جينا يشفر لبروتين يضفى المناعة ضد المضادين الحيويين كانامايسين ونيومايسين .استُخدم هذا الجين الواسم فى انتخاب المادة النباتية المُحَوَّلة أثناء عملية التحوير .ولنا أن نتوقع ألا يكون المستهلكون فى ذلك الوقت عارفين بهذا أو بأية مخاطر محتملة من جينات المضادات الحيوية .

كانت المبيعات الأولى من طماطم فليفر سيفر مشجعة .تُسَوَّق الآن طماطم كالْجين هذه تحت العلامة التجارية لشركة ماكجريجور McGregorويُباع فى أكثر من ثلاثة آلاف محل عبر الولايات الغربية فى أمريكا .وقد تمت الموافقة عام ١٩٩٥ على تسويق طماطم شركة كالْجين المحورة وراثياً فى المكسيك وكندا .لكن حدث أثناء عملية الترويج لأسواق المُنْتَج الطازج أن انخفض المحصول بسبب مشاكل فى إنتاج طماطم فليفر سيفر الأصلية .تقلصت عمليات الزراعة إذن حتى تم تطوير سلالات أخرى ذات مواصفات أفضل ، باستخدام طرق تربية النبات التقليدية ، بتهجين نباتات تحمل جين فلافر سافر بسلالات أخرى .وفى أواخر عام ١٩٩٦ كانت شركة مونسانتو تمتلك الحصة الكبرى من أسهم كالْجين .

صَرَّحَت الحكومة البريطانية ، رسمياً ، فى فبراير ١٩٩٦ لشركة كالجين بتسويق عشرة خطوط من الطماطم المحورة وراثياً والتى تحمل جين فليفْر سيفْر. كانت هذه أول موافقة فى أوروبا على تسويق طعام محوّر وراثياً يُباع طازجاً. رأت اللجنة الاستشارية للأغذية والمعاملات الجديدة ، وهى لجنة حكومية ، رأت أن وجود جينات المضادات الحيوية الواسمة لا يشكل خطراً على الاستخدام الإكلينيكى أو البيطرى للمضادات .على أن الأغلب ألاَّ تُسَوَّق الطماطم فى انجلترا على الأقل حتى عام ١٩٩٨ ، إذ يتعين على كالجْين ، قبل أن تتمكن من تسويق طماطمها فى أوروبا ، أن تنتظر حتى يوافق الاتحاد الأوروبى على الطلب الذى تقدمت به .

أما التعاون البحثى بين فريق دون جريرسون بجامعة نوتنجهام وشركة زينيكا Zenecaفقد قاد هو الآخر إلى إنتاج طماطم متأخرة النضج ، إنما باستخدام آلية مختلفة لإسكات الجينات .كانت نقطة البداية أيضاً هى تحديد هُوية الجين المشفر للإنزيم ب ج ،لكن إيقاف عمله قد تم باستخدام جينات التفعيل .لا تزال آليات هذه الطريقة غير واضحة ،لكن إيلاج جين تفعيل مُخَلَّق له تتابع مشفِّر مطابق لتتابع جينِ ب ج الهدفِ قد تسبب فى تثبيط عمل جين ب ج هذا .وقد منع ذلك تحلل جُدُر الخلايا ،لكنه مثل تقنية جين التعطيل ترك التغيرات الأخرى المرتبطة بالنضج ، مثل تطوير اللون والطعم ، تركها تجرى طبيعياً .لم تزرع هذه الطماطم فى بريطانيا فهى أكثر موافقة للأجواء الأكثر حرارة ، وكانت تربى أساساً للاستخدام فى الأطعمة المصنعة .

بدأ تسويق بوريه طماطم زينيكا لأول مرة فى سلسلتى سوبرماركت سينزبورى وسيفواى يوم ٥ فبراير ١٩٩٦ . تم بوضوح تطبيق البوريه على أنه ناتج من طماطم محورة وراثياً ، وذلك باتفاق طوعى مع سلسلتى

السوبرماركت .يقول اتحاد منظمات الطعام والشراب أن المبيعات كانت طيبة. وفى فبراير ١٩٩٧ تقدمت شركة زينيكا بطلب لبيع طماطمها المحورة كثمار كاملة أو كشرائح معلبة ،لكن كان عليها ، كما حدث مع طماطم كالجين ، أن تنتظر موافقة الاتحاد الأوروبى على التسويق ، من خلال الأمر التوجيهى للكائنات المحورة وراثياً ، وهو يتطلب ما قد يصل إلى سنتين .

يُقَدَّر أن ما يفسد من الفواكه والخضراوات التى تزرع تجارياً قد يصل إلى النصف .لتقليل هذا الفاقد هناك الآن فرق بحثية تهدف إلى إنتاج سلسلة من الفواكه والخضراوات)بجانب الطماطم (بطيئة النضج لها فترة تخزين أطول .الإثيلين هرمون نباتى رئيسى فى الكثير من العمليات الفسيولوجية والتنموية ، بما فى ذلك عملية النضج وإسقاط الأوراق والأزهار .ينتج الإثيلين طبيعياً فى إنضاج الفواكه الحرجة climacteric ، أى الثمار التى تُغَير نمط غازات تنفسها أثناء النضج ، مثل الموز والطماطم والتفاح والكمثرى والمانجو والبطيخ والشمام .يُستخدم غاز الإثيلين فى إنضاج الموز الذى يتم جَنْيُه ونقله قبل النضج .وتثبيط تمثيل الإثيلين فى مثل هذه الفواكه يثبط النضج .أما الفواكه غير الحرجة ، مثل البرتقال والليمون والفراولة ، فهى لا تغير تنفسها أثناء النضج ، وبذا فهى لا تستجيب للمنابلة بالإثيلين .

يمكن استخدام دنا التعطيل لتثبيط تمثيل الإثيلين فى محاصيل الفواكه الحرجة .تقع الحلقة الأخيرة من تمثيل الإثيلين تحت تحكم إنزيمين هما أ س س سينثيز ACC synthaseو أ س س أوكسيديز ACC oxidase . وإذا ما بدأت العملية أصبحت ذاتية الحفز ، أى أن واحداً من منتجات العملية يعمل فى تنشيطها .انتُخب كانتالوب *Cucurbita melo* شارينتيه Charen-taisلصفة نوعية الأكل الجيدة ،لكن قابليته للتخزين فقيرة .أولج به جين لتعطيل إنزيم الأوكسيديز لتعطيل المرحلة الأخيرة من التمثيل البيولوجى

للإثيلين ووقْف النضج .تبقى هذه الثمار على النبات لأنها لا تطور طبقة خلايا الفصل ، التى تسبب انفصال الثمرة عن النبات ـ وإن كان لحم الثمرة يتطور طبيعياً .بعد عشرة أيام تحت ظروف التخزين يظل لكانتالوب التعطيل قشرة خضراء متينة ، بينما تكون لثمار المقارنة من نفس العمر قشرة صفراء متغضِّنة مصابة بالفطريات ولها لحم طرى للغاية .من الممكن أن يُعكس أثر جين التعطيل بمعاملة الثمار بالإثيلين .وعلى هذا يمكن أن تقطف الثمار غير ناضجة ، وأن تُخَزَّن لفترات طويلة ، ثم تُنْضَج حسب الطلب بالمعاملة بالإثيلين .من الممكن أيضاً أن تُستخدم تقنيات إسكات الجينات التى طُوِّرت بجامعة نوتنجهام لتأخير النضج فى الثمار الحرجة ، بقفل الجينات التى تشفر لإنزيم السينثيز والأوكسيديز .وقد تقود البحوث فى هذا المجال فى نهاية الأمر إلى تحسينات فى الكثير من محاصيل الفواكه الحرجة بالنسبة لصفات : النوعية ، وطول فترة التخزين ، ومظهر الثمرة ، وقيمتها الغذائية .

يَعِدُ تطبيق الهندسة الوراثية بفوائد ضخمة بالنسبة لتخزين المحاصيل سهلة العطب بعد الحصاد ، وتقليل تلفها وفسادها ، وقد يكون لهذا فوائده بالدول النامية فتتمكن من توصيل نسبة أعلى من الثمار إلى المستهلك .لكن علينا أن نتذكر أن هناك بجانب هذه المزايا الضخمة بعضَ المثالب ، فالقيمة الغذائية للثمار تتدهور مع تقدم عمرها ، بينما سيُحرم المستهلك من استخدام خبرته التى اكتسبها فى تقدير العمر الحقيقى لغذائه .هذا شىء طيب بالنسبة لمنتج الثمار وللسوبرماركت ، فتقليل الفاقد يرفع الربح ، لكنه ليس بالضرورة مفيداً للمستهلك .على أية حال ، تتم الآن تقديرات مستقلة عن المعلومات الغذائية التى توفرها الشركات عن الثمار ، كجزء من عملية الموافقة على تسويقها .

أمكن بالهندسة الوراثية أيضاً تغيير تركيب البطاطس ، لكن لأسباب

أخرى غير تلك الخاصة بالطماطم .فقد أولج فى البطاطس جينٌ منتجٌ للنشا مأخوذ من سلالة من بكتيرة إ.كولاى ، وذلك لرفع محتواها من النشا .يزيد هذا الجين من النشا بدرنات البطاطس بمقدار يصل إلى ٢٠ %من محتوى البطاطس غير المحورة .ليس لزيادة المحتوى من الجوامد أى أثر إذا طُبخت البطاطس أو سُلِقت ، لكنها مفيدة عند صناعة شرائح ورقائق البطاطس المقلية ، إذ يحل الزيت محل الماء فى البطاطس أثناء القلى ، والبطاطس عالية النشا تحتوى على ماء أقل ، ومن ثم تمتص من الزيت أقل .تحمل شرائح البطاطس المقلية عادة نحو ٣٦ %زيتاً ، أما شرائح البطاطس المحورة فتحمل ٣٠ %فقط .ستكون شرائح البطاطس المحورة إذن أعلى غذائياً من شرائح البطاطس العادية ، كما ستكون صحية أكثر لاحتوائها على زيت أقل .تحتاج البطاطس عبر الجينية أيضاً إلى طاقة أقل فى الطبخ ، لأن الطاقة المستخدمة فى القلى تتجه نحو إزالة الماء .طَوَّر هذه البطاطس تجارياً فريق بشركة مونسانتو ، وقد شرعت محلات ماكدونالدز فى استخدامها لإنتاج شرائحها من البطاطس المقلية .وهذه البطاطس سريعة القلى أيضاً ، وهذا يعنى دورةً أسرع لرأس المال .

هُنْدِست أيضاً محاصيل عبرجينية مرتفعة الحلاوة ، فقد أولجت فى عدد من المحاصيل جيناتٌ عَبَّرت عن نفسها تشفر لبروتينات أحلى كثيراً من السكروز)سكر القصب .(هناك بروتين اسمه التوماتين taumatin يوجد طبيعياً فى نبات بغرب أفريقيا اسمه كاتيمفى katemfe (*Thaumatococ-cus daniellii*) وقد أمكن نقله إلى البطاطس ، وعَبَّر عن نفسه فيها .أما بروتين المونيللين monellin الذى يُنتجه طبيعياً نبات من توتيات الصُّدْفَة اسمه العلمى (*Dioscoreophyllum cumminisii*) فقد عُبِّر عنه فى البطاطس والخس .صحيح أن مستويات التعبير كانت منخفضة ـ نحو ١ %من

البروتين الكلى فى حالة المونيللين ـ لكن حلاوة أى من البروتينين تبلغ نحو ثلاثة آلاف ضعف حلاوة السكروز ، ومن ثم فإن هذا التعبير المنخفض يكفى للإحساس بالحلاوة .فى نفس الوقت ، تمكنت شركة كالجين من جين تأمل به أن تنتج فراولة *Fragaria chiloensis* عالية الحلاوة .سيقود التعبير عبر الجينى عن الحلاوة إلى كوكبة من المنتجات الزراعية المُفَصَّلَةِ الحلاوة على أرفف سوبرماركت الغد .وقد تُنْتَجُ قريباً فواكه عبرجينية بلا بذور ، فهناك جين اسمه SDLS-2 ، يوجد فى عدد من النباتات ، مسئول عن قتل ما هو غير مرغوب من الخلايا أثناء تنامى النبات .أُلْحِقَ بهذا الجين منشط يجعله يُتلف البذور .تمكن باحثون فى استراليا واليابان من إنتاج طباق محور وراثياً يقضى على بذوره .تُطَوَّع التقنية الآن لتصلح لإنتاج برتقال بلا بذور .

تركيب بذور الزيت

وتركيب بذور الزيت مجال آخر يُدرس فيه تحوير الغذاء لأسباب صحية. أكد الباحثون الطبيون أهمية قلة الدهون فى الغذاء ، وأهمية التحول ضد الدهون المشبعة الصلبة إلى الدهون الرِّخوة المتعددة غير المشبعة .ترتبط الأولى بمنتجات اللبن والثانية بالزيوت النباتية .يوجد بالنباتات إنزيمات تحول هذا النوعِ من الدهون إلى الآخر .أمكن تحديد الجينات التى تشفر لهذه الإنزيمات ، ونُقِلَت إلى محاصيل بذور الزيوت .يوجد كلا النوعين من الدهون فى الزيوت النباتية ، لكنا نستطيع بالهندسة الوراثية ان نغير التوازن بين أنواع الدهون فيها .تطور شركة كالْجين زيوتاً نباتية من كانولا canolaعبرجينية ـ وهذه من الأقارب اللصيقة لشلجمِ الزيت ـ تحمل نسبةً من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة أعلى من الزيوت النباتية التقليدية ، وكذا نسبةً أعلى من الأحماض الدهنية ذات السلسلة القصيرة والمتوسطة .ستباع هذه الزيوت كمكونات غذائية بالأسواق الصحية والطبية .

حُوِّر شلجم الزيت والكانولا لإنتاج سلسلة من الزيوت الخاصة .لشركة كالْجين براءات لعدد كبير من أصناف الكانولا .كانت الكانولا عالية اللوريت هى أول زيت محوَّر وراثياً بيع تجارياً عندما أُجيز عرضه بالسوق الكندى عام ١٩٩٦, تسوِّق كالْجين الآن عددا من الزيوت عالية اللوريت ، الناتجة من كانولا عبرجينية ، تحت الإسم التجارى "لوريكال " Laurical . لا يوجد اللوريت طبيعياً فى الكانولا ولا فى أى محصول غير استوائى ، وهو يستخدم فى الإضافات الغذائية ، بما فيها الطبقة المغلفة للحلويات ، ومُبَيِّضات القهوة ، والقشدة منخفضة الدهن والجبن منخفض الدهن ، وكذا فى المطهرات ، ويجلبه تقليدياً مُوَرِّدو زيت جوز الهند وزيت النخيل من العالم الثالث)أنظر الفصل الرابع عشر .(حُوِّرت الكانولا باستخدام جين من شجرة غار خليج كاليفورنيا *Umbellularia california* ، الذى يشفر لإنزيم ثيوإستريز -thi oesterase . يعمل هذا الإنزيم على المسالك البيوكيماوية الموجودة لينتج أحماض لوريك الدهنية .

تُطوِّر شركة كالْجين أيضاً زيتَ كانولا عالى المحتوى من الإستياريت -stear ate ، وهذا قد يستعمل بديلاً للزيوت المهدرجة فى المرجرين ودهن الطعام ومنتجات الحلوى .تشير الشواهد الطبية الأخيرة إلى أن المواد التى تسمى أحماض ترانس transالدهنية قد تكون ضارة بالصحة ، وهى تتشكل أثناء عملية الهدرجة ، وبها تتحول الزيوت النباتية السائلة إلى الصورة الصلبة للمرجرينات وغيرها من المنتجات الغذائية .والزيوت النباتية عالية الإستياريت قد تلغى الحاجة إلى الهَدْرَجة .يجرى الآن أيضاً تطوير زيوت كانولا تحاكى زيت الخروع وغيره من الزيوت الخاصة .

المحتوى البروتينى

تحتوى البروتينات الحيوانية على العشرين حمضاً أمينياً الأساسية .لكن بروتينات البذور النباتية تفتقر إلى البعض من هذه الأحماض الأمينية. ونباتات المحاصيل المختلفة تفتقر إلى أحماض أمينية مختلفة .فبروتينات الذرة ، المخزنة فى حبوبها ، منخفضة فى حمضى اللايسين والتربتوفان ، أما بذور البقوليات فينقصها حمضى السستين والميثيونين ، اللذين يحتويان على الكبريت ـ ففول الصويا يفتقر إلى الميثيونين .ولمنع حدوث النقص الغذائى عند تناول الغذاء النباتى ، يُنصح حالياً بأكل توليفة من نباتات عدة .فتوليفة الأرز مع اللوبيا أو الفاصوليا مثلاً ، أو الخبز مع الفول ، تحتوى على كل الأحماض الأمينية الأساسية العشرين .لكن ، من الممكن أن تستخدم المنابلة الوراثية لتوفير كل الأحماض الأمينية الأساسية فى نبات غذائى واحد .

والبروتينات المخزنة فى البذور هى أول ما يُرَشَّحُ للتحوير الوراثى من أجل رفع القيمة الغذائية للنباتات بمنابلة البروتينات .أمكن تحديد الجينات التى تشفِّر لعدد من البروتينات النباتية ، كما أمكن كَلْوَنتها .تمكن جين مسئول عن بروتين بحبوب القمح يُسمى جلوتينين gluteninمن أن يعبر عن نفسه فى نبات الطباق ، أما جين الزيين zeinالموجود بنباتات الحبوب فمن الممكن أن يُعَبر عنه فى العديد من المحاصيل ذات الأوراق العريضة إذا أُتيح له الجين المنشط المناسب .نُقِل جين الفاصيولين phaseolinمن البقول إلى أنواع نباتية أخرى .هناك الآن فول صويا عبرجينى هُنْدِس به جين مأخوذ من جوز البرازيل *Bertholletin excelsa*وأنتج بذور صويا غنية فى الميثيونين ، كما هُنْدِس هذا الجين فى الكانولا وأنتجت بذورَ زيتٍ غنية فى الميثيونين .

مقاومة الفيروسات

يتكون الفيروس من لب من حمض نووى يحيطه غلاف بروتينى ، ويلزمه أن يصيب خلية كائن حى آخر حتى يمكنه التكاثر .وإصابة النباتات بالفيروسات قد تسبب سلسلة من الأمراض ، كثيراً ما تتضمن اصفراراً بالنبات وبثوراً بالأوراق .تسبب الأمراض الفيروسية أضراراً اقتصادية بمعظم المحاصيل الزراعية الرئيسية .لا توجد مبيدات كيماوية للفيروسات تترك النبات دون أضرار ، وإن كانت المبيدات الحشرية قد تستعمل لمقاومة الحشرات الناقلة للفيروسات .وعلى هذا فإن التحوير الوراثى للنبات قد يُسهم إسهاماً جوهرياً فى هذا المجال .لبعض النباتات مقاومةٌ طبيعية للإصابات الفيروسية ، كما أن العدوى الخفيفة لبعض النباتات قد تعمل كتطعيم طبيعى ضد أى إصابة تالية .ومبدأ "المقاومة المُسْتَحَثَّة-induced resis tance" الذى يُستخدم فى تطوير معظم النباتات عبر الجينية المقاومة للفيروس ، مبدأ يماثل ذلك المستخدم فى إنتاج فاكسينات الحيوان .تولج فى جينوم النبات جينات تشفر لبروتيناتٍ موجودة بالأغلفة الفيروسية ، أو يولج غير هذه من تتابعات جينية فيروسيةً .تقوم بروتينات الغلاف الفيروسى الناتجة بالنبات بتنبيهه لمقاومة الفيروس الحقيقى إذا حدث وأُصيب به .ورد الفعل نوعىٌ لمجموعةٍ بذاتها من الفيروسات ، وتبقى النباتات حساسة للفيروسات الأخرى.

طورت شركة مونسانتو نباتات طباق وطماطم تحمل جينات لبروتينات أغلفة فيروس الطباق الموزايكى ، تضفى مناعة جزئية ضد هذا الفيروس وضد فيروس الطماطم الموزايكى .عَوَّقت جينات بروتينات غلاف الفيروس الموجودة بالنباتات عبر الجينية ، فى هذه الحالة ، مرحلةً مبكرةً من عملية تضاعف جزيئات الفيروس .وقد هُنْدِست جينات بروتينات غلاف الفيروس فى

البطاطس أيضاً لمقاومة فيروس لف أوراق البطاطس وضد فيروسات Xو Yالتى تصيب البطاطس ، وكذا فى نبات البابا ظ ضد فيروس البابا ظ الحلقى .تجرى شركة مونسانتو الآن بحوثاً لإنتاج بطاطا مقاومة للفيروس الزغبى المبرقش ، كما قامت شركات أجريجينيتكس أدفانسيد ساينس Agrigenetics Advanced Scienceوبيونير هاى بريد Pioneer HiBredوأبجون Upjohnوغيرها ، قامت بإجراء التجارب الحقلية على عدد من المحاصيل المقاومة للفيروسات ، من بينها البرسيم الحجازى والخيار والكنتالوب والقرع العسلى .تقدمت مونسانتو فى أغسطس ١٩٩٧ بطلب للسماح لها بتسويق بطاطس عبرجينية تحمل جيناً من فيروس لف أوراق الطباق .

من الممكن أن تُضْفَى المقاومة أيضاً بدمج جينات أخرى من الرنا الفيروسى فى جينومات النباتات .وفيروس الخيار الموزايكى (ف خ م)CMV واحد من أوسع فيروسات النبات انتشاراً ، ويصيب أكثر من ٨٠٠ نوع من بينها الكثير من محاصيل الفاكهة .لسلالات ف خ م ، بجانب جينومها الرناوى ، تراكيبُ من الرنا تسمى التوابع satellites ، وهى توابع للجينوم الفيروسى الأساسى .ورنا التوابع لا يشفر لبروتين ، ولا يشبه الجينوم الأساسى للفيروس إلا قليلاً ، لكنه قادر على تحوير قدرة الفيروس على الإصابة .من الممكن للتوابع الرناوية أن تُضْعِفَ سلالات ف خ م ، ليحدث انخفاض حاد فى الفيروس وتختفى أعراض الإصابة أو تكاد .هُنْدِست محاصيل تُعَبِّر عن جينات رنا التوابع ، ونتجت نباتات لها درجة عالية من المناعة ضد العدوى بفيروس ف خ م.

على أن هناك عدداً من المخاطر الإيكولوجية المتفردة يرتبط بالمحاصيل عبر الجينية المقاومة للفيروس ، مخاطر قد تحد من نشرها تحت الظروف الحقلية (انظر الفصل السابع)

مقاومة الفطريات

تسبب الفطريات خسائر فى غلة عدد من المحاصيل الرئيسية ، وهى تعالج عادة برش مبيدات الفطريات ، لكن هناك بروتينات مضادة للفطريات توجد طبيعياً فى نبات الطباق وفى غيره من الأنواع النباتية .استُخدمت الجينات التى تُشَفِّر لهذه البروتينات فى تطوير نباتات عبرجينية تقاوم عدداً من الأمراض الفُطرية .

تحتوى جدر الفطريات على الكيتين chitin على عكس جدر خلايا النبات التى تحتوى على السليولوز ، القريب الكيماوى للكيتين) . يعمل إنزيم الكيتينيز ، وهو البروتين الرئيسى المضاد للفطريات ، يعمل فى تحطيم جدر الخلايا الفطرية .هناك أيضاً بروتينات أخرى مضادة للفُطر تقدح زناد تفاعلات إضافية دفاعية ضده .ولقد أمكن إنتاج طماطم مقاومة للفطر المُمْرِض رايزوكتونيا سولانى *Rhizoctonia solani* المسئول عن إضعاف النبات وفساد البادرات ، وذلك بإيلاج جين يشفر لإنزيم الكيتينيز منقول من اللوبيا french beans أمكن أن يُعَبر عن جين الكيتينيز أيضاً فى الطباق ـ المحصول النموذجى لهذه البحوث ـ ضد فطر البقعة البنية *Alteria longipes* .

ثمة مدخل آخر هو أن نُبَرْمج النباتات المصابة بحيث تنتحر ! فالبطاطس المُهندسة وراثياً بحيث تموت خلاياها إذا هى أُصيبت بمرض فطرى ، لن تنشر المرض فى الحقل .أَولج العلماء بمعهد ماكس بلانك لتربية النبات فى كولونيا بألمانيا ، أولجوا فى البطاطس جيناً يشفِّر لإنزيم بارنيز barnase مأخوذاً من بكتيرة باسيلِّص أميلوليكفاشِنس *Bacillus amyloliquefaciens* . يقوم هذا الإنزيم بتدمير الرنا ، بما فيه الرنا-م ، ومن ثم يوقف تخليق البروتينات جميعاً .أُلحِق بالجين قبل إيلاجه جينٌ منشط من البطاطس ، بحيث إذا ما أصيبت الخَلية قام المنشط بتشغيل جين بارنيز ، ليُقتل النبات .أُجريت

التجارب الحقلية عام ١٩٩٦ باستخدام صنف البطاطس بِينْتِيةْ Bintje ، وهذا صنف عقيم تحت الظروف الحقلية ، حتى نقلل مخاطر انتقال الجين إلى الأقارب البرية .إذا نجحت التجربة فسيقود هذا المدخل إلى تخفيض هائل فى كمية المبيدات الفطرية التى تُستخدم ضد لفحة البطاطس وغيرها من الأمراض .

مقاومة النماتودا

تضم النماتودا nematodes عدداً كبيراً مذهلاً من الديدان الاسطوانية المتطفلة .تعيش النماتودا من آكلات النبات فى التربة ، وتتغذى على الجذور مسببةً خسائر سنوية تصل إلى مائة بليون دولار .تُعزى معظم هذه الخسائر إلى زمرتين من النماتودا :نماتودا عُقَد الجذور والنماتودا الكيسية . تتضمن المقاومة التقليدية للنماتودا تبخير التربة قبل الزراعة واستخدام الكيماويات ، وهذه مواد سامة غالية الثمن . وقد حظرت دول كثيرة استعمال بروميد الميثايل ـ أحد أهم مواد التبخير ـ لأنه يدمر طبقة الأوزون .

تمكن فريق بحثى بالمركز الهولندى لبحوث تربية وتكاثر النبات ، فى فاخننجن ، من تحديد جين يُضفى المقاومة ضد النماتودا عُزِل الجين من بنجر برى عُرف أنه يقاوم النماتودا التى تدمر محصول بنجر السكر التجارى .غير أن تهجين هذا البنجر بالسلالات التجارية باستخدام طرق تربية النبات التقليدية لم يثمر إلا نباتات ضعيفة .تقوم الآن شركات هولندية ودانمركية بتطوير سلالات عبرجينية من بنجر السكر تحمل الجين البرى وتقاوم النماتودا.

هناك مدخل قريب من هذا طوره فريق من جامعة ليدز بإنجلترا ، تُنقل فيه جينات يُعبَّر عنها فى جزء من النبات ـ وتضفى المقاومة ضد النماتودا ـ إلى جزء آخر من النبات لا يُعَبَّر فيه عن الجينات طبيعياً .وعلى سبيل المثال ،

فالنماتودا لا تأكل حبوب الأرز بسبب وجود مثبطات البروتين التى تمنع الديدان من هضم البروتين المتاح .فإذا نُقلت الجينات التى تشفر لمثبطات البروتين إلى جذور الأرز ارتفع مستوى مقاومتها للنماتودا .وقد تكون لمثل هذه الأنماط من السلالات عبر الجينية تطبيقات واسعة فى العالم النامى ، إذ أنها ستكون مقاومة للكثير من أنواع النماتودا التى تصيب المحاصيل .وقد طور فريق ليدز هذا بالتعاون مع شركة أوفانسيد تكنولوجيز Advanced Tech-nologies (فى كيمبريدج) بطاطس مقاومة لنماتودا أنشوطة الجذور بنقل جينات تشفِّر لمثبطات البروتييز إلى الجذور .لم يُعَبَّر عن هذه الجينات فى درنات البطاطس التى تؤكل .قامت الشركة (نيماجين NemaGene) بتسجيل براءة تكنولوجيا مقاومة النماتودا هذه للاستخدام ضد نماتودا عُقَد الجذور والنماتودا الكيسية فى سلسلة من المحاصيل بينها البطاطس والطماطم وبنجر السكر .قد يكون لهذا المدخل فوائد هائلة بالنسبة لدول العالم الثالث ، مثل بوليفيا حيث تمثل البطاطس جانباً هاماً من غذاء الناس ، وحيث المعالجة بمبيدات النماتودا مكلفة للغاية.

التمثيل الضوئى وتثبيت الأزوت

تم إجراء تحسينات كثيرة فى المحاصيل باستخدام الهندسة الوراثية ، وهناك تحويرات أخرى كثيرة لازالت فى مرحلة التطوير قد تكون لها أهمية بالغة فى المستقبل .أما التحويرات التى تحمل إمكانية أكبر تغيير فى إنتاج العالم من الغذاء فهى :أولاً تحسين كفاءة التمثيل الضوئى ، وثانياً توسيع قدرة النباتات على تثبيت الأزوت .

والتمثيل الضوئى photosynthesis هو العملية الكيماوية التى تستخدمها النباتات الخضراء فى تصنيع المركبات العضوية من ثانى أكسيد الكربون والماء باستعمال طاقة الضوء التى تقتنصها جزيئات الكلوروفيل .تحتاج كل خطوة

من الخطوات العديدة لهذه العملية إلى إنزيم خاص .وقد رأينا عبر هذا الكتاب أن تحوير الإنزيمات أمر ممكن عن طريق المنابلة الوراثية .هناك إذن إمكانيات كبيرة للتحسين ، فنحن نعرف أن التمثيل الضوئى ليس بالكفاءة المثلى .يتم التمثيل الضوئى فى تراكيب تسمى الكلوروبلاستات .يُشْطَر الماء أولاً إلى مكوِّنيه الأيدروجين والأكسجين ، ثم يرتبط الأيدروجين بثانى أكسيد الكربون المُنْتَزَع من الجو لتتشكل جزيئات عضوية ، أولها سكر الجلوكوز .يمر الجلوكوز فى سبل بيوكيماوية معقدة لتُبنى الأحماض الأمينية والنشويات والدهون والسليولوز.

والإنزيم المتاح لإدخال ثانى أكسيد الكربون إلى دورة الأيض هو إنزيم روبيسكو rubisco أو ribulose bisphosphate carboxylase قد يشكل هذا الإنزيم ما يصل إلى ٥٠ %من محتوى الورقة الخضراء من البروتين .على أن إنزيم الروبيسكو هذا ، بجانب ربطه الريبولوز بَيْفوسفات بثانى أكسيد الكربون ، يقوم أيضاً بربطه بالأكسجين ، ليحلله وينتج ثانى أكسيد الكربون فى عملية تسمى بالتنفس الضوئى .photorespirationأُقيم بمحطة روثهامستيد بانجلترا برنامج بحوث يهدف إلى إعادة تصميم جزىء الروبيسكو بتغيير التتابع المشفِّر لجين هذا الإنزيم ، وذلك لتقليل ، أو التخلص من ، تفاعل الأكسدة لهذا الجزىء ، دون مساس بعملية اقتناص ثانى أكسيد الكربون .هذا قد يجعل التمثيل الضوئى أكثر كفاءة.

هناك نمطان من التمثيل الضوئى فى النبات .فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تستوعب ثانى أكسيد الكربون بالروبيسكو ، كما ذكرنا ، لتشكل جزيئين من حامض ثلاثى الكربون اسمه ب ج أ P G A (3- carbon phosphogly -3) ceric acid) تُسمى هذه النباتات باسم نباتات ك٣ C3 plants ، ومنها فول الصويا والقمح والشوفان والبطاطس .لكن هناك الكثير من المحاصيل

الاستوائية ، ومن الأعشاب الاستوائية ، التى تقوم أولاً بربط ثانى أكسيد الكربون بجزىء رباعى الكربون يسمى أوكسالوأسيتيت Oxaloacetate وتُسمى هذه نباتات ك ٤ C4 ، ومنها الذرة والأرز .وسبيل ك ٤ أكثر إتقاناً وأكثر كفاءة من سبيل ك٣ ، فبنفس كمية الضوء تثبِّت نباتات ك٤ قدراً أكبر من ثانى أكسيد الكربون للتمثيل الضوئى .ولقد أقيمت برامج للنظر فيما إذا كان ثمة فائدة فى نقل سبيل ك٤ للتمثيل الضوئى إلى محاصيل المناطق المعتدلة .

والأزوت (النتروجين) هو الغاز الأكثر وفرة فى الغلاف الجوى ، إن يكن غير متاح من الهواء إتاحة مباشرة لمعظم الكائنات ، وهو أساسى لنمو كل الكائنات الحية .تحصل النباتات على الأزوت من التربة فى صورة نترات ، وإن كان من الممكن لبضع مجاميع نباتية أن تحصل عليه بشكل أكثر كفاءة عن طريق ارتباط تكافلى مع البكتريا .يحدث تثبيت الأزوت بالنباتات البقلية فى عقد بجذورها بمساعدة بكتريا فى التربة تسمى الريزوبيوم *Rhizo-bium* . بهذه البكتريا جينات تشفر لإنزيمات نتروجينيز تحول أزوت الجو إلى أمونيا ، ومن ثم إلى أحماض أمينية .تزود العُقَدُ الجذرية البكتريا بالكربوهيدرات كما توفر لها المسكن الخالى من الأكسجين ـ فهذا الغاز يوقف عملية تثبيت الأزوت .من الممكن نظرياً إجراء تحويرات فى بكتريا الريزوبيوم لتصبح أكثر كفاءة ، كما يمكن أن تنقل جينات إنزيمات النتروجينيز إلى النباتات البقولية بحيث لا تحتاج إلى البكتريا.

فى تجارب أُجريت على محصول الدُّخن millet (*Panicum miliace-um*) ، ازدادت سرعة النمو بمقدار ١٧ %عندما لُقحت التربة حول الجذر ببكتيرة تثبت الأزوت (هى Azospirillum miliaceum) لكن تثبيت

النتروجين عملية معقدة ، يتدخل فيها سبعة عشر جيناً بكتيرياً ، كما أنه عملية تستهلك الطاقة أيضاً ، فنباتات الحبوب عبر الجينية التى تثبت الأزوت تُغل أقل من تلك المسمدة اصطناعياً .لكن ، قد تَثْبُت فائدتها فى مناطق يكون فيها استخدام الأسمدة غير عملى ، أو غير مرغوب لأسباب بيئية .

تحمُّل الملوحة وتحمل ظروف التربة الفقيرة

يمكن فى مرحلة زراعة الأنسجة ، عند إنتاج النباتات عبر الجينية ، أن نجرى الانتخاب لِتَحمُّلِ مجال من الظروف البيئية الصعبة .تَنْتج عادة عن زراعة الأنسجة نباتاتٌ متطابقة وراثياً (تسمى كلونات clones) ، لكن البعض منها قد يغير تركيبه الوراثى .يسمى هذا باسم التباين الكلونى الخضرى . somaclonal variationمن الممكن استغلال هذا التباين بأن نضع عدداً كبيراً من الخلايا الكلونية تحت وطأة عوامل بيئية مُجْهِدة ـ يمكن مثلاً أن تعالج مزرعة الخلايا بتركيز عال من الملح فى محلول التغذية .تُنَمى بعد ذلك الخلايا التى تبقى حية ، كنباتات تتحمل الملوحة .من الممكن أيضاً أن تَحْمِل هذه النباتاتُ جيناتٍ غريبة تشفِّر لصفات أخرى مرغوبة .

يتوجه نشاط مشروع زراعة أنسجة المحاصيل ، بجامعة كلورادو ، نحو هذا المجال البحثى ، لاسيما نحو تطوير أرز مقاوم للملوحة .لايمكن استخدام طرق تربية النبات التقليدية لتحسين صفتين متميزتين فى نفس الوقت ، لكن تقنيات المنابلة الوراثية تسمح بدمج صفتى مقاومة الملوحة والغلة المرتفعة فى نفس النبات عبر الجينى .من بين طرق إنجاز هذا طريقة دمج البروتوبلاستات protoplasts . يمكن بالمعاملات الكيماوية إدماج بروتوبلاستات نباتات مختلفة (والبروتوبلاستات هى خلايا نُزِعت جدرها بالإنزيمات وباتت عارية)

ولقد نجحت هذه الطريقة فى دمج بروتوبلاستات من سلالة أرز برية توجد فى مستنقعات المنجروف المالحة ببنجلاديش ، ببروتوبلاستات أرز الطعام . لسلالة الأرز البرية هذه على أوراقها تراكيب ميكروسكوبية تسمى وَبَر الملح salt hairs يتجمع عليها فائض كلوريد الصوديوم .

تَنْتُج نباتات عبرجينية تتحمل الملح ، أيضاً ، بإيلاج جين من خميرة تتحمل البيئات المالحة .يشفِّر هذا الجين لبروتين يسبب ضخ الصوديوم خارج الخلايا وبذا يقلل التلف الناشىء عن زيادة مستوى الصوديوم فى التربة . يجرى الآن تطوير سلالات من الطماطم والبطيخ والشعير تتحمل الملوحة .

قد تحتوى التربة على مستويات عالية من المعادن وغيرها من الملوِّثات .ولقد طُورت محاصيل عبرجينية تتحمل هذه الظروف ـ أُنتج مثلاً طباق يتحمل مستويات عالية من الكادميوم ، بإيلاج جين مأخوذ من الفأر يشفر لبروتين رابط للميتالُّوثيونين metallothionein binding ـ تُستخدم النباتات أيضاً فى تنظيف الأراضى الملوَّثة ، فيما يسمى بالتنظيف البيولوجى bioremedia-tion ، ولقد تلعب المحاصيل عبر الجينية دوراً فى هذا المجال فى المستقبل .

تحمُّل الجفاف

من الممكن هندسةُ نباتات تتحمل الجفاف ، لها جذور تمتد عميقاً فى التربة الجافة ، أَوْ لها بشرة أسمك تُقلل من فقد الماء ، أو لها القدرة على إجراء تحويرات حسب المحتوى الملحى بخلاياها .أُنْتجت أولى النباتات عبر الجينية التى تتحمل الجفاف باستخدام جين مأخوذ من خميرة الخباز يشفر لإنزيم تريهالوز trehalose . يمكِّن هذا الإنزيمُ الخميرةَ من البقاء حية فى حالة جافة .تمكَّنت نباتات الطباق التى حُوِّرت بهذا الجين من الصمود للتجفيف فى الوقت الذى ماتت فيه نباتات المقارنة .

تستطيع النباتات التى تتحمل الجفاف أن تمد من فصول النمو وأن تمد من مجال زراعتها إلى مناطق شحيحة الماء .وعلى هذا فقد تكون مثل هذه النباتات نافعة ليس فقط تحت ظروف التصحر ، وإنما أيضاً فى الكثير من الأوضاع الزراعية التى تتطلب الرى .للسلالات المقاومة للجفاف أن تحفظ موارد مائية ثمينة ، كما أنها قد تصبح ـ بالنظر إلى التقديرات الحالية لمعدلات ارتفاع حرارة الجو بالكرة الأرضية ـ قد تصبح هامة فى الكثير من المناطق فى المستقبل ، فقط لتحفظ المحاصيلَ تُزرع فى نطاقها الحالى .

تحمل الصقيع :
بكتريا بدون جين الثلج وبروتينات مضادة للتجمد

تُقَدر أضرار الصقيع بما قيمته أربعة بلايين دولار سنوياً من الخسائر فى المحاصيل .ينشأ الضرر عن تكوّن بلورات ثلجية داخل الخلايا تتسبب فى إتلاف هياكلها ، وتجعل أنسجة النبات رخوة عندما تذوب .تؤدى أضرار الصقيع فى الحقل إلى تعفن وفساد الخضراوات والفواكه .تنشأ بلورات الثلج على السطوح المنتظمة الشكل ، وهى تتشكل على النباتات فوق بروتينات أغلفة خلايا البكتريا التى تحيا على أسطحها .كان من أول تطبيقات الهندسة الوراثية فى مجال إنتاج المحاصيل تطويرُ بكتريا تقاوم الصقيع ، وكانت هذه واحدة من أول طروح الكائنات المحورة وراثياً فى النظام الإيكولوجى .عُزلت بكتريا طافرة من النوع بسيدوموناس سيرنجى *Pseudo-monas syringae* تَغَيَّر شكل غلافها البروتينى فلم يعد يوفر السطح المنتظم لتشكيل بلورات الثلج .حُدِّدت هُوية الجين المسئول وأطلق عليه جين "الثلجice " ، و سميت البكتريا التى تفتقر إلى هذا الجين باسم البكتريا ناقصة "الثلج minus "ice" قام ستيفن ليندو وزملاؤه بجامعة كاليفورنيا

فى بيركلى ، قاموا باقتضاب الجين المشفر لبروتين تشكيل الثلج من بكتريا ب .سيرنجى ، فَهَنْدَسُوا بذلك وراثياً البكتريا ناقصة "الثلج".

لم تُغَيَّر إذن المحاصيل ذاتها ، إنما غُيِّرت البكتريا المرتبطة بها .رُشَّت معلقات من البكتريا ناقصة "الثلج "على المحاصيل لتُغَلِّف النباتات .تنافست البكتريا المحوَّرة ، على جذور النباتات ، مع البكتريا المستوطنة وحلت محلها .يتأثر نبات الفراولة بالذات كثيراً بالصقيع ، ولذا كان أول محصول تُختبر عليه هذه البكتريا المحوَّرة .أصبح المحصول مقاوماً للصقيع .استخدمت أيضاً البطاطس والطماطم فى التجارب الأولى الناجحة لهذه البكتريا .أجرت شركة أدفانسيد جينيتكس سيستمز Advanced Genetics Systems تجارب الفراولة فى كاليفورنيا ، وقامت شركة مونسانتو بتسويق هذه البكتريا المحورة فى الولايات المتحدة .

ولقد تُحَوَّر نباتاتُ المحاصيل ذاتها وراثياً لمقاومة أضرار الصقيع .من الممكن أن تُخَزَّن الفواكه والمحاصيل المقاوِمة للصقيع لفترة أطول من غيرها على درجاتِ حرارةٍ تقل عن الصفر دون أن تفقد قوامها أو نكهتها .وعلى هذا فقد يكون من المفيد اقتصادياً لبائعى التجزئة أن تُهَنْدَس صفةُ مقاومة الصقيع فى الفواكه والثمار التى تتأثر كثيراً بالحفظ بالتجمد ، مثل الفراولة والطماطم. ثمة ميزةٌ إضافية فى الحقل ، هى أن السلالات المقاوِمة للصقيع ستتمتع بفترة نمو أطول ، وسيكون مجالها الجغرافى أوسع .

جُرِّب مدخلان لتحوير المحاصيل لمقاومة الجليد :تغيير تركيب الدهن فيها ، وإيلاج جينات تشفر لبروتينات مضادة للتجمد .تتضمن التقنية الأولى نفس المدخل الذى استُخدم فى تغير تركيب الدهون فى بذور الزيت لأسباب غذائية وصحية .يتغير تركيب جزيئات الليبيدات الدهون مع تغير درجة الحرارة .تُبَدِّل النباتات التى تحيا فى درجات الحرارة المنخفضة من ميزان

تركيب دهونها نحو الليبيدات غير المشبعة ، فهذه أكثر سيولة عند درجات الحرارة المنخفضة ، وهذا يحفظ كيان أغشية الخلايا تحت الظروف الباردة ويقلل من أضرار الصقيع .ولقد أمكن فى الكثير من النباتات تحديد عدد من الجينات التى تشفر لإنزيمات تحول الليبيدات المشبعة إلى ليبيدات غير مشبعة .والنباتات المقاومة للبرودة أكثر فعالية فى تشغيل هذه الجينات ، والمرجح أن تهندس محاصيل تَحْمِلُ هذه الجينات فى المستقبل .

حُدِّدت هُوية جين يشفر لبروتين مضاد للتجمد فى سمكة فلاوندر الشتاء *Pseudopleuronectes americanus* ، وهذه سمكة قُطْبية يمكنها أن تحيا فى درجات حرارة منخفضة تُجمد معظم الأسماك غيرها .يرتبط البروتين بالسطح ما بين الماء والثلج ويمنع تشكيل بلورات الثلج .استُعمل الجين فى إنتاج نباتات طماطم وطباق عبرجينية مقاومة للصقيع .

العقاقير والفاكسينات

كان الإيلاج التجريبى لجينات ، تشفر لعقاقير علاجية أو فاكسينات vac-cines ، من بين أهم ما حدث من تطورات فى إنتاج المحاصيل عبر الجينية ، فلقد تصبح للمحاصيل يوماً نفس الأهمية الاقتصادية للأبقار والأغنام تنتج البروتينات البشرية فى ألبانها .للمحاصيل النباتية بضع مزايا تتفوق بها على الحيوانات "كَمُفاعِلات بيولوجية ."فمن الممكن بسهولة إنتاج كميات ضخمة من المادة النباتية ، وليس ثمة إلا القليل من المشاكل الأخلاقية تكتنف النباتات المهندسة وراثياً ، كما أن بعض المحاصيل البستانية كالموز قد يوفر مصدراً سهلاً للعقاقير الطبية لاسيما فى دول العالم النامى .فى عام ١٩٩٧ زرعت شركة أبلايد فايتولوجيز Applied Phytologies- وهى شركة مقرها دافيز كاليفورنيا ـ زرعت محصولاً من الأرز عبر الجينى عُبِّرَ فى حبوبه

عن إنزيم ألفا -١- أنتى تريبسن alpha-1- antitrypsin ، وقد رأينا أن هذا البروتين البشرى قد عُبِّر عنه فى لبن أغنام عبرجينية (انظر الفصل الثالث) والمحاصيل التى تؤكل نيئةً أفضلُ فى إنتاج الفاكسينات ، لأن الطبخ قد يفسد الكثير من المنتوجات العلاجية .هُندس الموز أيضاً ليحمل فاكسين الالتهاب الكبدى ب ، وقد قُدِّر أن عشرة هكتارات من الأرض تعطى إنتاجاً يكفى لتطعيم كل أطفال المكسيك .

حدث مؤخراً تقدم تقنى هام وهو إنتاج جسيم فيروسى كيميرى ، وهذا توليفة من فيروسٍ نباتىٍّ وجينٍ مأخوذ من فيروسٍ بشرى أو حيوانى .يمكن أن يُنَمى هذا الفيروس المحور فى أىً محصول يمكن للفيروس النباتى الأصلى أن يُصيبه ، لينتج فاكسينات فعالاً .يتم الآن إنتاج عدد من الفاكسينات فى الموز واللوبيا وغيرهما من المحاصيل .

هندسة القطن :
جينات للون الأزرق وأخرى للبلاستيك

ستستخدم المحاصيل عبر الجينية قريباً فى إنتاج مواد خام للصناعة .والقطن واحد من أنجح المحاصيل التى هُنْدِست وراثياً .ففى عام ١٩٩٧ كان ربع محصول القطن بالولايات المتحدة ناتجاً عن بذور القطن عبر الجينى .كان هذا القطن يقاوم أخطر الآفات الحشرية التى تصيبه - حشرات الجنس هليوثيس *Heliothis* أساساً ، أو تقاوم مبيدىْ الأعشاب :البروموكسينيل والجليفوسيت .تُصَدَّر الآن بالفعل إلى العالم كلِّه ملابسُ مصنوعة من قطن محور وراثياً - من بينها التى شيرت .T shirtوتُطَور الآن جينات تحور خصائص القطن .

يهدف مشروع شركة مونسانتو للجين الأزرق blue geneإلى تطوير نباتات

قطن تحمل جينات غريبة تشفّر لصبغة زرقاء ، وذلك من أجل سوق البلوجنيز blue jeans ولقد تمكنت الشركة بالفعل عام ١٩٩٧ من تصنيع قماش أزرق من هذا القطن .وألياف القطن الملوّنة ستقلل بالطبع الحاجة إلى الصبغ وتوفر لوناً ثابتاً متفرداً .فى نفس الوقت طورت شركة أجراسيتوس قطناً عبرجينى أليافه تحمل مركباً شبيها بالبوليستر polyester ، بينما قامت الشركة الأم ، مونسانتو ، بتسجيل براءات عدد من الجينات ينتج مواد بلاستيكية فيما يحملها من محاصيل عبرجينية .وعلى سبيل المثال عَبَّرت النباتات عبر الجينية عن جينات لتخليق بلاستيك P B H (Polyhydroxybutyrate) الذى يتحلل بيولوجيا .إن إمكانية إنتاج المواد للاستعمال الصناعى إمكانية هائلة .لقد بدأت المحاصيل المهندسة وراثياً إذن تسهم إسهاماً كبيراً فى عدد من المجالات غير مجال إنتاج الطعام .

الفصل السابع

المخاطر الإيكولوجيَّة

قد تُسبب الكائنات عبر الجينية عند إطلاقها فى البيئة عدداً من المخاطر الإيكولوجية المحتملة ، على أن تقدير هذه المشاكل أمر مُشْكِل ، فليس للهيئات الحالية سابق خبرة طويل بالكائنات المحوَّرة فى البيئة .والجينات العابرة transgenes تورث ، وتظهر فى جينومات نسل الكائنات المحورة أو الكائنات التى اكتسبت الجين العابر بأية آلية أخرى .وعلى هذا فإذا ما نُشر الجين العابر فى البيئة فقد يصبح من المستحيل التخلص منه .يتفحص هذا الفصل ما قد تسببه الكائنات عبر الوراثية من مخاطر إيكولوجية .

تشكل الكائنات الدقيقة مخاطر خاصة ، نظراً لسرعة معدل تكاثرها ، واستعدادها لتبادل المادة الوراثية ، وصعوبة كشفها فى البيئة .أما أهم ما يثير القلق بالنسبة للمحاصيل المهندسة وراثياً فهو (أ) أنها ـ بزيادة قوتها أو قدرتها على التوسع ـ قد تصبح حشائش متوطنة ، (ب) أن الجينات قد تنتقل منها إلى أقاربها البرية ، وتصبح هُجُنُها ضارةً بطريقةٍ ما للفلورا flora الموجودة أو الفونا .fauna للأسماك والحيوانات عبر الجينية مجموعاتٍ أخرى من المخاطر الإيكولوجية.

تقدير المخاطر

عادة ما تُجرى الاختبارات التجريبية ، على الكائنات عبر الوراثية ، تحت شروط صارمة ، لتقليل الانتشار المحتمل للمادة الوراثية .فالتشريعات الفيدرالية بالولايات المتحدة ، مثلاً ، تتطلب أن تنقل النباتات المحورة وراثياً فى حاويات مغلقة ، وأن تحاط مواقع زراعة هذه المحاصيل التجريبية بخندق

مائى ، وأسوار ، ومناطق خالية من النباتات ، كما يلزم أن تُنْزَع من النباتات الناضجة الأجزاء الحاملة حبوب اللقاح وغيرها من الأجزاء التناسلية .ومع كل هذه الإجراءات فإنا لا نستطيع أن نقول إن أىَّ اختبار حقلى مأمونٌ مائة فى المائة .ظهر هذا واضحاً عندما أصابت الفيضانات وسط الغرب الأمريكى فى يوليو ١٩٩٣ ، وجرف فى ولاية أيوا حقلاً كاملاً من ذرة تجريبية مهندسة لمقاومة الحشرات .لم يمكن استرداد أية مادة نباتية ، ربما دُفِنَت النباتات تحت بضعة أقدام من طين النهر .ذكر متحدث باسم شركة بيونير هاى - بريد إنترناشيونال - الشركة ذات العلاقة - أن النباتات وقت الفيضان كانت أصغر سناً من أن تنقل المادة الوراثية إلى غيرها من النباتات .لكن ، قد تحدث كارثة طبيعية أخرى فى وقت مشئوم تتسبب فى نشر المادة الوراثية .إذا ما أُطْلِقَت المادة النباتية بالصدفة فى البيئة فقد يصبح استرجاعها أمراً متعذراً.

وواقعة أيوا توضح صعوبة التنبؤ بالمخاطر الإيكولوجية الناجمة عن إطلاق المحاصيل عبر الجينية فى البيئة .من المحتمل أن تتوطد بعض الكائنات عبر الجينية التى تُطرح فى البيئة على الرغم من كل ما يتخذ من إجراءات ، والأرجح ألا تشكل فى معظم الحالات أىَّ تهديد للمَوَاطِن الزراعية أو الطبيعية .غير أنا لا نعرف الكثير عن السبب الذى يُحيل نوعاً ما إلى حشائش ولا يُحيل آخر وثيق القرابة به .فى محاولة لِتَكْمِيَة المخاطر صدر تقرير عن اللجنة الملكية البريطانية لتلوث البيئة .يقول التقرير إن القدرة على التنبؤ بنتيجة أىِّ طرح تصبح على الأغلب أكبر إذا كان الكائنُ عبر الجينى الذى يُطْلَق صورةً محوَّرة من كائن شائع بمنطقة الطرح .تزداد القدرة على التنبؤ أيضاً إذا كان التحوير محدود المدى ، وإذا كانت خصائص المادة الوراثية الجديدة مفهومة جيداً ، وإذا لم تكن الكميات التى تُطرح كبيرة جداً. فالجينات الغريبة معظمها موجود بالفعل فى الطبيعة - إن تكن فى كائنات

أخرى ـ ومن المفروض أن يكون التنبؤ بعملها أفضل من التنبؤ بعمل جينات مبتكرة ذات تتابع محوَّر .

زكَّى تقريرُ اللجنة الملكية تقنية الهازوب HAZOPكمدخل نظامى مُحْكَم إلى تحديد المخاطر .طُوِّرت هذه التقنية للكشف عن المخاطر فى مصانع الكيماويات ، وتتضمن فرقاً من الخبراء تحدد الحوادث غير المخطَّطة التى قد تقع أثناء العمليات اليومية .قد تَلْفِتُ هذه التقنيةُ الانتباهَ إلى سُبُل لم تكن قبلاً متوقعة يمكن بها أن تتسبب المحاصيل عبر الجينية فى مخاطر إيكولوجية ، لكن ليس لها أن تقدم أجوبة واقعية حول احتمال وقوع الحوداث .

يمكن للبيئات الاصطناعية أو العوالم الصغيرة ، والتجارب ضيقة النطاق فى الصوب ، والمساحات المسوَّرة المقفولة فى الحقل ، يمكن لهذه أن توفر معلومات مفيدة عن النباتات المحورة ، وعن إمكانيات الجينات المنقولة ، عن أثر المقاييس البيئية على تعبير الجينات .لكن التجارب ضيقة النطاق الموضوعة تحت المراقبة الدقيقة تختلف كثيراً عن الطروح التجارية واسعة النطاق للمحاصيل عبر الجينية ، فالأوضاع التجارية تتضمن عدداً أكبر من البذور ، كما تتضمن احتمالات أكثر للتفاعل مع الأقارب البرية .إن المطلوب فى تقدير المخاطر هو مدخل تدريجى ، من المعمل ، إلى الصوبة ، إلى تجارب الاختبار الحقلية الصغيرة ، إلى الطَّرْحِ المُرَاقَب واسع النطاق .تحمل منظماتٌ مختلفة مسئولية تَفَحُّصِ التجارب فى المراحل المختلَفة (انظر الفصل الحادى عشر ، وعلى هذا يلزم أن توجد صلات تعاون وثيق بين هذه الأجهزة .

هناك قدر كبير من اللاتنبؤية يكتنف الآثار الإيكولوجية للنباتات عبر الجينية ، وعلى هذا فإن نفس الدراسات على المقاييس الإيكولوجية قد تتسبب هى ذاتها فى "التلوث الوراثى ."لو أن النباتات "المأمونة "فقط هى

التى تُطْرَح فى تجارب تَكْمِيَة المخاطر ، لأَشَارت النتائج إلى أن التكنولوجيا مأمونة بلا مخاطر .غير أن هناك من المجاهيل ، أكثر مما يجعل العمل النظرى نافعاً ، ومن ثم فقد أثبت تقدير المخاطر المرتكز على التجارب الحقلية أنه الطريق إلى الإمام ، باستخدام الجينات الواسمة لتعقب سلوك كائنات نموذجية محورة وراثياً فى البيئة .لم تُصَمَّم الزراعات التجارية من أجل الوصول إلى تبصرات إيكولوجية ، وعلى هذا فهناك حاجة إلى تجارب واسعة النطاق تستخدم فيها سلالات نموذجية عبرجينية لدراسة التعدى ونقل الجينات إلى الأقارب البرية .

المخاطر التى تشكلها الكائنات الدقيقة عبر الجينية

تشكِّل الكائنات الدقيقة مخاطر إيكولوجية خاصة ، بسبب قصر فترة الجيل ، وارتفاع معدل الطفور ، وقدرتها على تمرير المعلومات الوراثية فيما بينها ، فى عملية تسمى الاقتران conjugation . ففى أيام معدودة ، أو حتى فى ساعات ، يمكن أن ينتج من النسل ملايين تحمل نُسَخاً من الجين المنقول .ثم إن صعوبة كشفها فى البيئة إنما يعنى عملياً وجود قدر كبير من الشكوك حول تقدير مخاطر العبرجينىٍّ منها .يتم كشف الكائنات الدقيقة عادة بأخذ عينات من التربة ، وتحضينها فى بيئة تنمو بها ، لكن هناك من الكائنات الدقيقة ما قد يفلت من الكشف .وهناك أيضاً قدر كبير من الغموض يحيط بالطريقة التى تحيا بها هذه الكائنات ، فبيئتها الطبيعية كثيراً ما تكون غير مفهومة جيداً ، والمراقبة الطويلة الأمد لكائن دقيق محور وراثياً تتطلب أيضاً معرفةً جيدة بإيكولوجيته .

اتضح أن لأنواع التربة المختلفة أثر على سلوك الكائنات الدقيقة المهندسة وراثياً فى البيئة .تضاف طبيعياً إلى التربة كميات ضخمة من الدنا ناتجة عن الفَضَلات والموت والتعفن .يسمى هذا الدنا باسم الدنا الحر ، وعادة ما

يتحلل سريعاً .لكن الدنا من الكائنات عبر الجينية قد يمكث فى التربة تحت ظروف معينة .فالدنا بالأراضى الطينية مثلاً يلتصق بالحبيبات الدقيقة من التربة حيث يصبح أكثر مقاومة للتحلل .ومن الممكن لبكتريا التربة أن تستوعب هذا الدنا .

إذا ما رُشَّت نباتات الفراولة أو البطاطس ، لغرض مقاومة الصقيع ، ببكتريا ب .سيرينجى ناقصة "الثلج "التى تفتقر إلى بروتين يسبب تشكُّل بلورات الثلج ، حدث تنافس بين هذه البكتريا وبين الكائنات الدقيقة غير المحورة على أسطح النباتات)أنظر الفصل السادس .(قُدِّمت الطلبات الأولى للطرح الحقلى لهذه البكتريا عن طريق شركة أدفانسيد جينيتيكس ساينسيز عام ١٩٨٤ ، وحصلت على الموافقة عام ١٩٨٦ ، وتم أول طرح تجريبى فى قطعة أرض صغيرة بمحطة بحوث جامعة كاليفورنيا فى أبريل ١٩٨٧ .وفى الشهر التالى قام المحتجون بتخريب الموقع .قيل إن الشركة قد أجرت تجربة غير قانونية فى الهواء الطلق ، بأن نشرت البكتريا ناقصة "الثلج "على سقف المعمل قبل أن يُصَرَّحَ لها رسمياً بالطرح .ولقد حدث مثل هذا التخريب أيضاً لتجارب تضمنت كائنات محورة وراثياً فى حالات عديدة بالولايات المتحدة وأوروبا ، الأمر الذى يزيد من مخاطر نشر الجينات العابرة فى البيئة .

من أهم أسباب القلق من البكتريا ناقصة "الثلج "المحورة وراثياً ، أنها قد تمكث فى البيئة .ولقد بيَّنت المراقبة الدقيقة فى تجربة طالت ثمانية عشر شهراً قامت بها محطة التجارب التابعة لجامعة كليمسون فى ولاية نورث كارولينا ، بينت أن البكتريا قد بقيت قريبة من النباتات التى رُشَّت عليها .لم تكشف دراسات تالية عن وجود بكتريا ب.سيرينجى فى المناطق حول مواقع الرش .مكثت البكتريا ناقصة "الثلج "فى التربة بموقع الرش لفترة بلغت نحو أسبوع بعد الرش .

لدراسة بقاء البكتريا بالتربة قامت شركة مونسانتو بإيلاج جين مأخوذ من إيشيريشيا كولاى يُحَلِّل نظيراً كيماوياً للاَّكتوز)سكر اللبن (اسمه إكس جال (X-gal) ، بإيلاجه فى نوع آخر من البكتريا هو بسيدوموناس أوريوفاشنس *Pseudomonas aureofaciens* . تقوم البكتيرةُ المُهَنْدَسَةُ بإنتاج مادة كيماوية ذات لون أزرق ساطع إذا عوملت التربة بمادة فَرَّازة تحتوى على اللاكتوز كمصدر وحيد للطاقة .هذه التقنية حساسة للغاية حتى ليمكن بها أن نكشف عن وجود بكتيرة واحدة فى جرام من التربة .لكن النقاد يجادلون بأن هذه البكتريا لو وصلت الماء الجارى ، لَهَدَّدَتْ بقدرتها على تحليل سكر اللاكتوز أىَّ مصنع مَحَلِّىٍّ لمنتجات الألبان .

قامت وكالة حمَّاية البيئة أيضاً بمراقبة انتشار البكتريا ناقصة "الثلج "فى دراسة على قطع صغيرة من الأرض بكاليفورنيا ، فوجدت أن البكتريا لم تنتشر إلى المزروعات المجاورة .والأغلب أن يتسبب الرش ، إذا أُجرى وقت سكون الريح ، فى تقليل مـا تذروه الرياح من رذاذ الرش وفى تقليل نشـر البكتريا فى البيئة .قامت اللجنة الملكية لتلوث البيئة بدراسة شاملة عن المخاطر الإيكولوجية المحتملة للكائنات المحورة وراثياً ، واقترحت أنه إذا ما كان للبكتريا ناقصة الثلج أن تصبح واسعة الانتشار فإنها قد تؤدى إلى تغيرات فى المناخ المحلى ، إذ ستـمنع تَشَكُّل قطرات المطر .كـان تقـدير اللجنة أن المشاكل تافهة ، لكنها أوضحت نوع المشاكل التى يلزم أن تؤخذ فى الحسبان بالنسبة للكائنات الدقيقة المهندسَة وراثياً .

قد تُشَكِّل الكائنات الدقيقة المحوَّرةُ بجينات تجعلها تقاوم التحلل ـ عن قصد أو كأثر جانبى لصفة أخرى ـ قد تُشَكِّلُ مخاطر إيكولوجية أكبر ، لأنها تبقى فى البيئة فترة أطول .والأغلب أن يتم إضْعَاف الكائنات المحورة بطريقة ما قبل أن تُطرح ، لضمان ألاَّ تمكث طويلاً فى البيئة .يمكن تحقيق ذلك

بإجراء بعض التغييرات فى الجينات المتحكمة فى المسارات الأيضية بحيث تصبح الكائنات أقل منافسةً فى البيئة ، أو بإيلاج جينات انتحارية تعوِّق الكائنات بعد أن تؤدى الدور المطلوب منها ." أُقْعِدَت "الفيروسات العصوية المحورة وراثياً أثناء الطروح الأولى ضد الآفات الحشرية وذلك بإزالة بروتينات الغلاف .وقد أدى ذلك إلى أن أصبحت الفيروسات أقل استقراراً كما قل احتمال بقائها فى البيئة لفترات طويلة .وقد يثبت نجاح هذا المدخل بالنسبة لبعض الكائنات الدقيقة ، لكن الفيروسَ العصوى المُقْعَدَ كان أقل فعالية فى قتل الحشرات .ومعنى هذا أن إدخال صفة للتعويق سيقلل من الفائدة التجارية للفيروسات العصوية .

أَبرزت دراسةُ الفيروس العصوى أيضاً الحاجةَ إلى فحص حساسية الأنواع المحلية فى المواطن الطبيعية الغريبة للكائن المُهندس للمقاومة .هُنْدِس الفيروس العصوى ليكون أكثر فعالية فى قتل يرقات الفراشات التى تصيب الكرنب وغيره من الخضراوات ، لكن اتضح أن عدداً من أنواع الفراشات المحلية حساسٌ لهذا الفيروس ـ إن يكن ذلك تحت الجرعات العالية .

المخاطر التى تشكلها المحاصيل المقاومة للفيروس

لنباتات المحاصيل المُهَنْدَسة وراثياً لمقاومة الفيروسات مخاطر إيكولوجية متفردة ترتبط بها .تحمل هذه المحاصيل عبر الجينية تتابعات من حمض نووى فيروسى أُدمجت فى جينوم النبات (أنظر الفصل السادس) . أمكن التوصل إلى مقاومة فيروس الخيار الموزايكى مثلاً بنقل تتابع جينى من تابع رناوى ـ وهذا تركيب بالفيروس يقلِّل من أعراضه .لكن هذه التوابع الرناوية قد تسببت فى بعض الحالات فى تفاقم الأعراض لا تقليلها .لوحظ هذا فى إيطاليا عام ١٩٩٦ ، عندما أدى تتابع طافر لتابع رناوى إلى إنتشار وباء نكرزة necrosis الطماطم القاتل نتجت عنه خسائر فادحة فى المحصول .كان من

المعتقد أن وجود الصور الضارة من رنا التوابع أمر نادر فى الطبيعة ، ومن ثم فمن المستبعد أن يحدث فى النباتات عبر الجينية .لكن البحوث الأخيرة بيَّنت أن رنا التوابع الضار ينشأ بالطفرة بصورة أكثر شيوعاً مما كان يُظَن ، وأن هذه التغيرات قد تتحلى بميزة انتخابية على الرنا الأصلى .وعلى هذا يصبح من الصعب أن تهمل مثل هذه الطفرات إذا كانت ستحدث داخل تتابعات تحملها النباتات عبر الجينية ،لتترك النباتات أكثر عرضة لهجوم الفيروسات ، ونخاطر بانتشار الحساسية للفيروس إلى نباتات أخرى .

تبيَّن أن بمقدور الفيروسات أن تلتقط بعض الجينات من المحاصيل عبر الجينية ، فقد أوضحت بعض التجارب المعملية أن الفيروسات التى أُخِذَت منها جينات لصفات معينة قد استعادت هذه الجينات من النباتات عبر الجينية التى أُولجت فيها .ونَقْلُ المادة الفيروسية هذا يعنى أن النباتات الأخرى والفيروسات قد تلتقط الجينات العابرة .فى إحدى الدراسات الكندية تم إعداء نباتات بفيروس من فيروسات الخيار المبرقشة ينقصه جين يشفر لبروتين ما ، وقد تمكنت الفيروسات من استرداد هذا الجين من فيروس آخر ، عندما هُندِس فى جينوم النبات .وعلى هذا فمن الممكن للفيروسات البرية أن تلتقط جينات عابرة مصنوعة من مادة وراثية فيروسية ، وذلك من جينومات السلالات النباتية المُصَمَّمَة لمقاومة الفيروس .تَسبب القلق المتصاعد حول إمكانية إنتاج فيروسات جينة جديدة فى أن تقوم وزارة الزراعة الأمريكية فى أغسطس ١٩٩٧ بوضع قيود مقترحة على المحاصيل عبر الجينية المهندَسة بمادة وراثية فيروسية .تتضمن هذه القيود أيضاً حدوداً على طول التتابعات الوراثية التى يُسمح بدمجها فى النباتات ، وحظراً على استخدام جينات معينة .

مخاطر التعدى والآثار الضارة على المحاصيل الأخرى

قد تصبح الكائنات عبر الجينية أكثر قوة وأكثر تعدياً ، وقد تصبح هى نفسها حشائش أو آفات .نشأ الكثير من المشاكل العالمية للحشائش عن

جلب كائنات دخيلة- كائنات نُقِلَت من مواطنها الطبيعية إلى أخرى لم تكن توجد بها قبلا .تُقَدِّم هذه.الإدخالات نموذجاً لتقييم أسوإ سيناريوهات الآثار المحتملة لكائن محوَّر تَغَيَّر ليصبح أكثر تعدياً .وقد يتم إدخال الكائنات الدخيلة بالصدفة ، وقد يكون بسبب طروح تَمَّت عن عمد تنتج عنها آثار إيكولوجية لم تكن فى الحسبان .وقد تتمكن عشائر هذه الكائنات الدخيلة من بلوغ مستويات من النمو العددى لم يكن لها أن تبلغها فى مواطنها الأصلية ، وذلك بسبب زيادة موارد الغذاء ، أو عدم وجود أعداء طبيعيين كانت تحد من نموها قبلا ، أو عدم وجود منافسين ، أو لبعض أو لكل هذه العوامل .ولقد تُحَوِّر أنواعُ النباتات الدخيلة من صورة الطبيعة فى موطنها الجديد ، كما فعل نبات الكودزو kudzuالمتسلق فى جنوب شرقى الولايات المتحدة ، وكما فعل التين الشوكى *Opuntia vulgaris*فى استراليا .وقد تصبح الأنواع الدخيلة من الحيوانات والأسماك أيضاً مدمرة للغاية إذا أُطلقت فى مواطن جديدة ، كما حدث بالنسبة للأرانب فى استراليا ولأسماك الفرخ النيلى nile perchفى بحيرة فيكتوريا بأفريقيا .قد يكون للأنواع الدخيلة المتعدية - نباتات كانت أو حيوانات أو أسماكاً - آثار خطيرة على الفلورا والفونا المحلية فى مواطنها .لقد تسبب دخول السرخس ونبات الجَوْلَق gorse إلى نيوزيلنده مثلاً فى تدمير معظم الفلورا المحلية .

تتراجع إلى حد ما المخاوف من وقوع آثار إيكولوجية فاجعة ، وذلك مع زيادة عدد المحاصيل عبر الجينية المزروعة تجارياً ومع تزايد الخبرة المكتسبة من مراقبة الكائنات المحورة وراثياً فى البيئة .على أن هناك قلقاً حقيقياً لابد من أن نوليه الاهتمام ، بتقديراتٍ للمخاطر دقيقة وتدابير تضمن أن تُقَلِّل إلى أدنى حَدٍّ أيةُ مخاطر إيكولوجية .

من الممكن أن تتحول نباتات المحاصيل عبر الجينية لتصبح هى ذاتها أكثر

عدائية ، وتوطد نفسها كحشائش فى محاصيل أخرى .وهذا أمر مقلق بشكل خاص عندما تُهندس مقاومة مبيدات الحشائش فى النباتات ، إذ قد يتبقى بالحقل أجزاء من نباتات المحاصيل عبر الجينية ،لتنمو فى العام التالى مع ما يعقبها من محاصيل فى نفس الحقل ، حيث تصعب إبادتها بسبب مقاومتها لمبيدات الحشائش .وقد تُرَحَّل أيضاً ، لأى سببٍ كان ، مادة من محاصيل عبرجينية قوية إلى المواطن الطبيعية وتهدد بمنافسة عشائر النباتات البرية من أقاربها .

تأسست بالمملكة المتحدة فرقة بحثية ـ فى سيلوود بارك بالإمبيريال كوليدج ، لندن ـ لدارسة التعدى فى محصول عبر جينى هو شلجم الزيت. المعروف أن هذا المحصول يحتل الأراضى غير الزراعية .زرعت النباتات فى ثلاث مناطق مختلفة مناخياً ، فى أربعة مواطن ، عبر ثلاثة مواسم زراعية ، وقورنت نباتات غير محوَّرة ، بنباتات عبرجينية تقاوم مضاداً حيوياً (الكاناميسين) ومبيداً عشبياً (جلوفوسيت أمونيوم) ، توصل البحث إلى أنْ ليس هناك من الدلائل ما يشير إلى أن الهندسة الوراثية للكاناميسين أو لتحمل المبيد العشبى قد تسببت فى زيادة عدوانية شلجم الزيت .

قد تؤدى التحويرات الوراثية للمحاصيل إلى آثار ضارة ببعض الأنواع النافعة .دُرِس أثر المحاصيل عبر الوراثية على الحشرات الناقلة لحبوب اللقاح (الحشرات المُؤَبِّرَة pollinating) فى مشروع مدته ثلاث سنوات تعاونت فيه فرنسا وبلجيكا وبريطانيا ، وبدأ فى أواخر عام ١٩٩٦, يدرس الباحثون تأبير النحل لمحاصيل الزيت المهندسة لإنتاج مثبطات البروتييز ضد الآفات الحشرية .وُجِد فى تجارب على نحل تغذى بمحاليل سكرية تحتوى على مستويات عالية من هذه المثبطات ، وُجِد أن النحل يواجه مشاكل فى التمييز بين روائح الأزهار .وعلى هذا فقد يتغير سلوك النحل سلبياً فى مناطق الزراعات الواسعة من الشلجم عبر الجينى .

مخاطر انتشار الجينات العابرة

على أن هناك تهديداً محتملاً أخطرَ إيكولوجياً من الكائنات عبر الوراثية نفسها تصبح حشائش أو آفات ، هو أن الجينات العابرة ستنتشر .فتهجين النباتات عبر الجينية بأقاربها البرية سيُنتج نسلاً يحمل الجين الدخيل .

اتضح أن التهجين يحدث بين شلجم الزيت)براسِّيكا نابَصْ-*Brassica napus* عبر الجينى المقاوم لمبيدات الأعشاب وبين قريبه البرى براسيكا كامبيستريس *Brassica campestris* منذ الجيل الرجعى الأول ليعطى نباتات عبرجينية تشبه العشب البرى ولها مظهره وتتمتع بخصب مرتفع .وقد وُجِدت الأعشاب عبر الجينية المقاومة للمبيد العشبى جلوفوسينيت أمونيوم ، فى موقع التجربة فى الربيع التالى بين نباتات جاءت عن بذور سقطت فى وقت جنى محصول العام الفائت .ومما يزيد خطر انتشار الجينات العابرة أيضاً أن حبوب لقاح شلجم الزيت تستطيع أن تخصب نباتات تبعد عنها ٢,٥ كيلومتر. كُشِف أيضاً عن نقل الجينات من الفجل *Raphanus sativus* إلى أقاربه من الحشائش البرية الموجودة على مسافات منه تصل إلى الكيلومتر .تظهر "قوة الهجين "فى النسل الناتج عن هذه التهجينات ، الذى ينتج كميات من البذور أكبر بكثير من النباتات الطبيعية .ولقد اتضح مؤخراً أن الجينات العابرة من شلجم الزيت المقاوم لمبيدات الأعشاب يمكث لبضعة أجيال فى هُجُن الشلجم والفجل - والأخير من الحشائش الشائعة فى المنطقة الزراعية المحيطة .ولقد كانت هذه الحشائش الهجينة مقاومةً للمبيد العشبى .اتضح أيضاً ارتفاع معدل ومجال التدفق الجينى من قطعة أرض صغيرة مزروعة بالبطاطس عبر الجينية. وُجِدت الجينات العابرة فى ٧٢ %من نباتات البطاطس غير المحورة المجاورة مباشرة للنباتات عبر الجينية ، كما عُثِر عليها أيضاً فى نحو ٣٥ %من النباتات غير المحورة الموجودة على مبعدة ١١٠٠متر .كل هذه الدراسات تبين السهولة

التى بها تنتشر الجينات العابرة إلى الأقارب البرية ، والسرعة التى بها توطد الجينات نفسها فى البرية إذا ما كانت محايدة أو نافعة.

إذا ما وجدت الجيناتُ الغريبة نفسها فى الأقارب البرية لنباتات المحاصيل ، من خلال تهجين المحصول بالأعشاب ، فإنها قد تقع تحت طائلة تنظيم جينى يختلف عن التنظيم الذى صُمِّمت له .ولقد تحصل نتائج لا يمكن التنبؤ بها تنشأ عن تعبير للجينات مجهول قد يحدث ، أو تفاعلات بين الجينات مجهولة قد تحدث ، أو آثار مجهولة قد تحدث للجينات من خلال الجنس والتأشيب recombination ، أو عن المجهولات الإيكولوجية العامة التى تتعرض لها عشائر النبات .وعلى هذا فمن المستحسن أن تُطْرح نباتات عبرجينية عقيمة كلما أمكن ، حتى يكون تبادل حبوب اللقاح مع الأقارب البرية غير مثمر .يلزم أيضاً أن تظل النباتات المحورة لمقاومة المبيدات حساسةً لمجموعة رئيسية واحدة على الأقل من المبيدات العشبية. والأرجح أن تكون بذور المحاصيل ، لا حبوب اللقاح ، هى أهم وسيلة لنشر الجينات .تسافر البذور مسافات طويلة ، من تجار البذور ، إلى المزارعين ومصانع التجهيز ، مما يوفر فرصاً هائلة لتناثرها فى النقل .ولقد يكون لانتشار الجينات العابرة فى أنواع الحشائش آثاره على التنوع البيولوجى إذا كان للحشائش عبر الجينية أن تصبح عدائية بخاصة .على أنَّا لابد أن نذكر أن هناك عوامل تشكل تهديدات للتنوع البيولوجى أكبر حجماً وفورية ـ تدمير البشر للمواطن الطبيعية مثلاً .

لم يُطْرح حتى الآن إلا محاصيل مألوفة بها تغيرات وراثية قليلة .لكن هناك الآن نباتات عبرجينية تُطَوَّر لِتَحَمُّل الجفاف وتثبيت الأزوت ولغير هذه من الصفات المعقدة .وقد يؤدى هروب الجينات العابرة الحاملة هذه الصفات ، فى البيئة الأوسع ، إلى أن تصبح النباتات عالية العدوانية .قد يؤدى اتساع نطاق نوع ما يحمل صفةَ تَحَمُّلِ الجفاف إلى تغييرات إيكولوجية هائلة ، وليس لنا فى مثلِ هذه الحالات أن نفكر فى نوع عبرجينى بعينه ، إذ ستتأثر مواطن بأكملها .

سبق الحديث عن نقل الجينات من النباتات إلى الفيروسات ، لكنَّ نقل الجينات قد يتم أيضاً من النباتات إلى زمر أخرى من الكائنات الدقيقة. هُنْدِسَتْ وراثياً نباتات شلجم الزيت ، والخردل الأسود ، والداتوره والبسلة العَطِرَة ، لتحْمل جينات مقاومة المضادات الحيوية .زرعت النباتات سوياً فى تجربةٍ مع الفُطر أسبرجيلُّص نَيْجر Aspergillus niger . وقد حدث فى كل حالةٍ أن استوعب الفُطر جين مقاومة المضادات الحيوية .يشيع استخدام جينات المضادات الحيوية كواسمات فى المحاصيل عبر الجينية ، وقد يكون للانتشار الأفقى لهذه الجينات العابرة إلى الكائنات الدقيقة آثارٌ إيكولوجية واسعة ، فمن الممكن نظرياً أن تنتقل من الكائنات الدقيقة ثانيةً إلى أنواع أخرى من النباتات والحيوانات ، بل وحيوانات المزرعة ، مما قد يتسبب فى تعزيز مقاومة هذه الحيوانات للعقاقير البيطرية .

قد تكون الحيوانات عبر الجينية أسهل فى الاحتواء من الكائنات الدقيقة أو النباتات ، لكنها قد تصبح فى المستقبل سبباً للقلق .تُستخدم الأرانب كحيوانات تجارب ، مثلاً فى دراسات إنتاج البروتين فى اللبن ، كما أنها قد تُرَبَّى فى المستقبل كمفاعلات بيولوجية لإنتاج العقاقير الصيدلية .للأرانب تاريخها فى المشاكل الإيكولوجية ، وهى تتطلب احتواءً فعالاً إذا كان للتحويرات الوراثية آثارٌ فى البرية غير متوقعة .والأسماك عبر الجينية ليست مُدَجَّنَة ، ويمكن لمعظم الأنواع أن تحيا برياً حيث تفصح عن قدرة تكاثرية عالية .فالسالمون الباسيفيكى ، مثلاً ، الذى هُنْدِس وراثياً فلم يعد يهاجر سنوياً من المياه المالحة إلى المياه العذبة ، هذا السالمون قد يشكل خطراً إيكولوجياً كبيراً .فبدلاً من أن تعود الأسماك إلى أنهارها التى نشأت بها كى تضع بيضها ، فإنها تبقى لتعيش وتتغذى بالمحيط ، ليزيد معدل نموها وترتفع قيمتها الاقتصادية .لو أن أسماك السالمون هذه هربت من المزارع التى تربى

بها ، وحلّت محل رفاقها البرية لَتَعَرَّضَت النظم الإيكولوجية لأنهار شمال غرب الولايات المتحدة إلى فوضى هائلة .فى هذا ما يبيِّن كيف أن تحويراً وراثياً ضئيلاً قد يتسبب فى آثار إيكولوجية ضخمة .

من الممكن أن تُحْتَوى أو أن تُقْعَد الكائناتُ المحورة وراثياً .غير أن الجينات العابرة هى التى ستنتشر لتسبب المشاكل الإيكولوجية المحتملة .قد تكون للجينات أجندتُها الخاصة .اقترح ريتشارد دوكينز فى كتابه الهام "الجين الأنانى "أن الجين هو الوحدة الأساسية للانتخاب الطبيعى ، ومن ثم تكون كل هذه الكائنات الزائلة مجرد آلات تخلقها الجينات لإنتاج جينات أكثر. وقد اتضح أن الجينوم كما ذكرنا أكثر مرونة ودينامية مما افْتُرِض قبلاً .يُسهم وجود العوامل الوراثية المتحركة ، واستعداد الخلايا لاستيعاب الدنا الغريب ، من الفيروسات مثلاً ، يُسهم فى أن يظل سلوك الجينوم أمراً مبهماً لدينا .تقول نظرية الفوضى)الكاوس (إن السلوك المعقد فى جوهره سلوك لا يمكن التنبؤ به. تؤدى فكرة مركزية الجين إذن إلى صورة متشائمة عن المدى الذى يمكن أن يصل إليه تحكمنا فى منابلة الجينومات المعقدة .المؤكد أنْ ستهرب الجينات العابرة فى نهاية الأمر إلى البيئة الأرحب .وكما يقول م .كرايتون منظِّر الكاوس فى كتابه "حديقة الديناصورات "ـ وهذه رواية خرافية عن مخاطر الهندسة الوراثية غير المحكومة ـ يقول : " ستجد الحياة لها طريقاً ."

دار جدل داخل الاتحاد الأوروبى فى يوليو ١٩٩٧ حول :من سيكون المسئول عن الإضرار بالبيئة ، وذلك عندما أعلن البرلمان الأوروبى أن الواجب أن تكون الشركات هى المسئولة عن أية أضرار تقع للبيئة أو الصحة بسبب إطلاق الكائنات المحورة وراثياً .إن هروب الجينات العابرة إلى البيئة الأوسع أمر حتمى. القضية إذن هى :ماذا يحدث عندما تدخل ـ لا إذا ما دخلت ـ الجيناتُ العابرة إلى أنواع أو سلالات لم تُصَمَّم لها .يلزم أن يتطرق التدبير أثناء تطوير الكائنات المحورة وراثياً إلى التأكد من أن النتائج الإيكولوجية الناجمة هى أقل ما يمكن ـ وإن كانت طبيعة الجينوم تعنى أن اللا تأكد سيظل دائماً موجوداً .

الفصل الثامن

المخاطر بالنسبة لصحة الإنسان

من المستبعد أن تشكل الأغذية المحورة وراثياً مخاطر على صحة الإنسان ، لكن الطبيعة المتفردة لهذه الأغذية تبرر مراقبتها مراقبة دقيقة ، فتطويرها يتضمن نقل الجينات بين الأنواع ، وقد تكون للجينات العابرة آثار غير متوقعة . هناك مصدران رئيسيان للقلق بشأن هذه الأطعمة المحورة وراثياً : فهى قد تسبب الحساسية لدى البعض ، ثم إن البكتريا التى تحيا بأمعاء الإنسان قد تكتسب مناعةً ضد المضادات الحيوية من الجينات الواسمة الموجودة بالنباتات عبر الجينية .

الأليرجينات

والألِّيرجية allergy هى عدم توازن يحدث فى الجهاز المناعى ، وتسمى أيضاً فرط الحساسية الفورى . ففى الاستجابة المناعية الطبيعية تقدح مادةٌ غريبة - تسمى الأنتجين antigen- زنادَ إنتاج أجسام مضادة . والأجسامُ المضادة نوعيةٌ لأنتيجينات بعينها ، فالأجسام المضادة تكيف نفسها حول أنتيجيناتها وتحطمها . دخول الكائنات الدقيقة المُمْرِضة مثلاً فى الجسم ، يدفعه إلى الإسراع بإنتاج وفرة من الأجسام المضادة تعمل فى الدفاع ضد أى هجوم تال . أما فى الاستجابة الألِّيرجية فإن مواداً غير مؤذية (ألِّيرجينات allergens) تقوم بإثارة سلسلة من آليات دفاع غير ملائمة . والألِّيرجيَّة أو الحساسية هى مصطلح عام يضم تحته أنماطاً مختلفة منّ الاستجابات المناعية والحالات الباثولوجية ، من بينها الربو وحمى القش والإكزيما ، وسكتة العوار anaphylactic shock وهذه هى الأخطر . وقد تُستنشَق الأليرجينات ، كغبار أو كحبوب لقاح ، وقد تُحْقَن ، وقد تُلتقط بالملامسة ، وقد تؤكل . هناك مواد غذائية معروفة بأنها تسبب الحساسية عند استنشاقها ، فعلى سبيل المثال تَسَبَّبَتْ الأليرجينات بالغبار الذى تصاعد عند

تفريغ شحنة فول صويا من باخرة ، بما يحمله من إليرجينات ، عندما اختلط بتلوث الهواء ، تسببت فى وباءِ رَبْو فى برشلونة عام ١٩٨٧ . أما الحساسية للطعام فتنشأ دائماً عن تعاطى غذاء يقدح استجابةً بالجهاز الهضمى ، كالقىء أو الإسهال ، أو استجابة تؤثر فى الجسم كله ، كالإكزيما أو الأرتيكاريا فى الجلد .

هناك نسبة تتراوح بين ١ %و٢ % من سكان معظم دول الغرب لديها استجابات ألِّيرجية ضد أنواع معينة من الأغذية . وأكثر أشكال الحساسية شيوعاً هى الحساسية ضد اللبن ، والبيض ، والفول السودانى وغيره من أنواع النُّقْل ، والمحار ، والرخويات ، والسمك ، وفول الصويا ، والحبوب . وهناك أيضاً من الفواكه والخضراوات ما يسبب استجابات ألِّيرجية فى مجاميع صغيرة من الناس مثل الفراولة والمشمش والجزر والكرفس . ولقد حُدِّدت هُوية الجينات التى تشفر للكثير من البروتينات المسببة للحساسية ، ومن ثم أصبح من الممكن تجنُّبها عند التحوير الوراثى للكائنات التى تُستعمل فى الغذاء . بل ولقد تُستخدم الهندسة الوراثية فى إزالة بروتينات الحساسية من النباتات الغذائية ، فعلى سبيل المثال : أُزيل تجريبياً باليابان بروتينٌ بالأرز يثير استجاباتٍ ألِّيرجيةً .

ونَقْل الجينات إلى منتَج غذائى قد يغير المدى الذى يسبب فيه هذا المنتَج الاستجابات الألِّيرجية لدى ذوى الحساسية . والأرجح أن تكون معظمُ المواد الجديدة بالأطعمة الناتجة عن الهندسة الوراثية بروتينات موجودةً بمقادير أثرية . لكن هذه الكميات الأثرية للأسف تكفى إذا وجدت بالطعام لكى تقدح زناد استجاباتٍ فسيولوجية . قامت شركة بايونير هاى ـ بريد بتطوير صويا عالية القيمة الغذائية بإيلاج جين مأخوذ من جوز البرازيل brazil nut يشفِّر للمثيونين ، وهذا حمض أمينى أساسى لا يوجد بالصويا . لكن هذه العملية نَقَلَت أيضاً من الجوز إلى الصويا ألِّيرجيناً غذائياً رئيسياً ، فأصبحت الصويا عبر الوراثية تسبب نفس الاستجابات الأليرجية التى يسببها الجوز . ظهر هذا عندما أُجريت اختبارات السيرم والجلد على متطوعين معروفين بحساسيتهم لجوز البرازيل .

فى عام ١٩٩٢ قررت مصلحة الغذاء والدواء FDA الأمريكية ضرورة اختبار الأطعمة المهندَسة وراثياً للحساسية ، وأن تُبَطَّق ، إذا كانت قد طُوِّرت باستخدام دنا من أىٍّ من الأطعمة المعروفة بقدحها زناد الحساسية . من شأن هذا القرار أن يُمَكِّن من تحديد أية مشاكل من قبيل مشكلة جوز البرازيل ، لكنه لا ينطبق على معظم الأغذية المحورة وراثياً . فقرار مصلحة الغذاء والدواء هذا لا ينطبق مثلاً على المحاصيل المحورة بجينات بكتيرية ، ولا يلزم إذن أن تُختبر هذه لوجود الأليرجينات . إنها سياسة تحابى الصناعة على حساب المستهلِك .

تُستخدَم منتجات فول الصويا فى الوصفات البديلة للبن الأطفال إذا كانوا حساسين لمنتجات الألبان ، وكذا فى منتجات لبنية ، بلا لبن ، للبالغين . وقد بدأت الصويا المقاوِمة للمبيدات العشبية التى تحمل جينات من البكتريا ، بدأت تأخذ طريقها للاستعمال الواسع فى مثل هذه المنتجات . ستكون المخاطر الألِّيرجية قليلة من استعمال صويا مونسانتو المقاومة للراوند أب ، إذ أن هذه الصويا لم تُحَوَّر لتغيير تركيبها الكيماوى . لكن المحتوى البروتينى كثيراً ما يُغَيَّر عندما تُجرى الهندسة الوراثية بهدف تغيير القيمة الغذائية للأطعمة ، ويلزم إذن أن تُرَاقَب هذه المنتجات بدقة لاحتمال أن تسبب الحساسية .

ولقد تؤدى حبوب لقاح المحصول عبر الجينى ، التى يجمعها النحل ، إلى مشاكل حساسية لدى مستهلكى عسل النحل . هناك دراسة أجريت بجامعة ليستر ، لحساب وزارة الزراعة البريطانية ، بيَّنت أن بروتينات حبوب اللقاح عبر الجينية قد تبقى فعالةً فى العسل لبضعة أسابيع . قد تكون المخاطر ضئيلة ، لكن ، بالنظر إلى تزايد عدد المحاصيل المهندسة وراثياً فى الريف ، فإن مثل هذه المخاطر المحتملة لابد أن تؤخذ جدياً فى الاعتبار . توضح هذه الحالة كيف أن التحوير الوراثى فى كائن قد يؤثر فى مادةٍ غذائية لا علاقة له بها على الإطلاق .

تتزايد الحساسيات فى الدول الصناعية ، فقد تزايد الربو مثلاً بنسبة ٣٠٪ منذ السبعينات كما تضاعفت حساسية الجلد إلى أكثر من ضعفين .

والسبب يكمن فى ما قد حدث من تحويرات فى البيئة وفى أسلوب الحياة . فالمئات من الكيماويات التى تُدْخِلُها الأنشطةُ البشرية فى البيئة تسبب الحساسية . والتعرف على الأليرجين الذى يسبب أعراضاً معينة أمر صعب . وقد رُبِطَت الإضافات الغذائية بالألِّيرجية والحساسية المفرطة للغذاء والنشاط المفرط لدى الأطفال . ثمة تقرير صدر عن الجماعة الأوروبية فى الثمانينات يقول إن هناك نسبة تتراوح ما بين ٠,٠٣ % و ٠,١٥ % من السكان لديهم حساسية مفرطة للغذاء . كانت الصبغة تارترازين tartrazine (E102)لتلوين الطعام هى أولى الإضافات الغذائية التى رُبطت مؤكداً بالمشاكل الألِّيرجية . وليس من المتوقع ، مع زيادة تخليق الأطعمة باستخدام الهندسة الوراثية ، أن تتراجع مشاكل الاستجابة الأليرجية للأطعمة .

الكائنات الدقيقة المقاومة للمضادات الحيوية

تولج الجينات الواسمات روتينياً فى المحاصيل عبر الجينية لتمييز النباتات المحورة عن غير المحورة (أنظر الفصل الثانى) . من الطرق الشائعة لإجراء ذلك أن نَنْقل إلى النبات جينات تُضفى مقاومةً ضد مضادات حيوية معينة . تُنْتِجُ الكائناتُ الدقيقةُ المضَادات الحيويةَ كدفاع ضد ما يهاجمها من البكتريا ، وقد أدى هذا إلى انتخاب طبيعى لبكتريا ذات آليات لمقاومة المضادات . من الممكن أن تُعْزَل من هذه البكتريا الجيناتُ التى تُضفى المقاومة وأن تُنقل إلى النبات . فطماطم فليفر سيفر مثلاً التى أنتجتها مونسانتو تحمل جيناً يضفى المقاومة ضد الكاناميسين والنيوميسين ، أما ذُرَة البى تى التى طورتها سيبا جايجى/نوفارتيس فتُضفى المقاومة ضد الأمبسلين . توضع جيناتُ واسماتِ المضادات الحيوية هذه بالنباتات عبر الجينية فى مجاورة جينات الصفات المرغوبة فهى مرتبطة بها ، فإذا ما عوملت المادة النباتية بالمضاد الحيوى ،لم يبق منها حيا سوى المادة المحورة وراثيا .

والمضادات الحيوية التى تُستعمل فى انتخاب النباتات المحورة تُستخدم أيضاً فى علاج الإنسان والحيوان بالكثير من الدول . تدَّعى بعض الدراسات أن جينات مقاومة المضادات الحيوية لا تشكل أى خَطَرٍ على الإنسان أو الحيوان . على أن ثمة قلقاً يثور من انتقال جينات المقاومة هذه إلى البكتريا التى تحيا بأمعاء البشر والحيوانات ، فهذا قد يقلل من فعالية عقاقير المضادات الحيوية فى العلاج . أوصت اللجنة الاستشارية للأغذية والمعاملات الجديدة ، مثلاً ، الحكومةَ البريطانيةَ عام ١٩٩٦ أن تصوِّت فى الاتحاد الأوروبى ضد التصريح بتسويق ذرة البى تى . قالت إن وجود جين بحاله لمقاومة المضادات الحيوية يشكل خطراً غير مقبول ، لاحتمال انتقاله إلى ميكروفلورا أمعاء الإنسان والحيوان ، فالذرة تُستخدم دون أن تعامل فى أغذية الحيوان . على أن الاتحاد الأوروبى صرح فى النهاية بتسويق هذه الذرة ، وإن كانت لبعض الدول تحفظات على المخاطر المحتملة من جين المقاومة الواسم على الحيوان والإنسان .

من المُسَلَّم به عموماً أن الجهاز الهضمى يعمل كحاجز طبيعى للدنا ، فحموضة أمعاء الإنسان والحيوان تحلل الدنا . يتحلل معظم الدنا بالتأكيد بهذه الطريقة ،لكن بعض الدنا يبقى فى الأمعاء وفى دم الحيوانات ، كما تقول دراساتٌ غُذِّيت فيها فئران على عليقة تحمل الدنا . وعلى هذا فإن الدنا بالغذاء المأكول قد ينتقل - نظرياً - إلى بكتريا الأمعاء . تقوم الضغوط الانتخابية بتفضيل البكتريا التى تحمل جينات مقاومة المضادات الحيوية خلال أى فترةٍ يُعَالَج فيها الإنسان أو الحيوان بهذه المضادات ، وبذا تسود مثل هذه البكتريا المقاوِمة فى الأمعاء ، الأمر الذى قد يقلل فعالية مضادات حيوية معينة عندما تُستخدم فى علاج الإنسان أو الحيوان . والأرجح أن تحمل الأطعمةُ المختلفة المحورةُ وراثياً مخاطرَ مختلفة بالنسبة لنشر مقاومة

المضادات . تأتى أكبر المخاطر عن الأطعمة التى [تحمل كائنات حية كاملة بها دنا غريب ، فالاقتران يحدث كثيراً بين البكتريا أ أ م ١] ويؤدى إلى الكثير من التبادلات فى المادة الوراثية . زكَّت اللجنة الاستشارية السابقة ألاَّ تحمل مثل هذه الأطعمة ـ كتلك التى تحتوى مثلاً على بكتريا حمض اللاكتيك ـ أيةَ واسمات مقاومةٍ للمضادات . أما المادة النباتية التى تُطبخ فالخطر المتوقع منها ضئيل ، ومثلها أيضاً البذور غير المطبوخة للنباتات المحورة ، وتأتى عن الأغذية عالية التصنيع أقل مخاطر نقل مقاومة المضادات الحيوية .

تقول شركة سيبا – جايجى فى دفاعها عن ذرة البى تى ، إنه حتى لو انتقلت جينات مقاومة الأمبسلين إلى الكائنات الدقيقة بأمعاء الإنسان أو الحيوان ، فإن هذا لن يؤدى إلى عواقب خطيرة إكلينيكية أو بيطرية ، فالكائنات المُمْرِضةُ للإنسان والحيوان لها بالفعل مستوى عال من المقاومة ضد هذا المضاد الحيوى . حدث هذا فى الإنسان بسبب الاستخدام المفرط للأمبسلين كعلاج . لقد أدى الاستعمال المكثف للمضادات الحيوية عموماً إلى تطوير مقاومةٍ واسعة الانتشار فى الكائنات المُمْرضة ، بل لقد اقتُرِح أن جينات مقاومة المضادات الحيوية كانت تُعْطَى فى مصاحبة المضادات منذ بداية استخدامها الإكلينيكى ، بل وحتى أن الجينات المفردة التى تُضْفِى المقاومة ضد العديد من المضادات كانت بالفعل واسعة الانتشار فى الخمسينات ، وإن غدت أكثر شيوعاً فى السنين الأخيرة . على أن الشواهد تقول الآن إن الواسمات المضادات قد تسهم فى ارتفاع مستويات مقاومة المضادات الحيوية ، وهذا يعنى أن ادعاء سيبا – جايجى بعدم أهمية هذا الإسهام ، ليس سوى خداع . فالخطأ لا يُبَرِّر خطأً يتلوه .

أما بالنسبة لحيوانات المزرعة ، فلقد قُورِن الخَطر من واسمات المضادات الحيوية بالخطر المباشر لتطور مُقَاوَمَةِ المضادات بسبب المضادات تُقَدَّم مباشرة

فى غـذاء الحـيـوان . لقـد دأب المزارعون على إضافة جرعـات منخـفضـة من المضادات الحيوية إلى غذاء الحيوان لفترة تربو على الخمسين عاماً ، وذلك بهدف المحافظة على صحة الحيوان . أما الانتشار الواسع لاستخدام المضادات الحيوية فى غذاء الماشية فيعود فقط إلى منتصف الثمانينات . تُقَدَّم المضادات الحيوية لتحسين كفاءة الغذاء التحويلية ، ومن ثم تحتاج إلى غذاء أقل للوصول إلى وزن التسمين ، وأصبح الكاناميسين وغيره من المضادات المستخدمة كواسمات فَرَّازَة فى النباتات عبر الجينية ، أصبحت بالفعل تُستعمل بشكل واسع فى غذاء الحيوان . ولقد تَوَافَقَ تزايد استخدام المضادات الحيوية فى علائق الحيوان مع زيادة فى انفجارات تَسَمُّم من سلالات إ . كولاى وسالمونيلا تيفيموريوم *Salmonella typhimurium* ، فى الوقت الذى تتنامى فيه الشواهد على إمكان انتقال البكتريا المقاومة للمضادات الحيوية من الحيوانات إلى الإنسان . وهذا أمر يثير القلق لأن نفس المضادات التى تستعمل فى علاج الحيوان كثيراً ما تستعمل لعلاج الإنسان . تسمح الولايات المتحدة باستخدام البنسلين والكلوروتتراسيكلين chlorotetracyclineفى علائق الحيوان كمنشطات للنمو ، على الرغم من أن كلا هذين المضادَيْن يستخدمان روتينياً فى علاج الإنسان . وقد وُجِدت فى إحدى الحالات بكتريا مقاوِمة للفانوميسين vanomycinفى صديد بجرح سببته شوكة رفع شاحنةٍ لعامل فى مخزن تعبئة دواجن ، وورد ذكر الدواجِّن على أنها المصدر المحتملُ لهذه البكتريا المقاوِمة للمضاد الحيوى .

أما ذلك التأكيد بأن الجينات الواسمات ، التى تضفى صفة مقاومة المضادات الحيوية ،لن تسهم كثيراً فى رفع مقاومة الكائنات الدقيقة بالأمعاء للمضادات ، هذا التأكيد ليس سوى مضاربة محفوفة بالمخاطر . فقد يكون هذا الإسهام جوهرياً ـ مثلا ، لو انتشر استخدام ذرة البى تى فى تغذية الحيوان ،

فقد يصبح الكاناميسين وأقاربُهُ من المضادات أقلَّ فعالية فى علاج الحيوان ، وقد يكون كذلك أيضاً بالنسبة لحالات إكلينيكية معينة . فى عام ١٩٩٧ أثارت اقتراحات بمد تسويق طماطم زينيكا Zenecaعبر الجينية لتشمل الطماطم الكاملة والمعبأة ، أثارت قلقاً لوجود جين مقاومة الكاناميسين بها . والكاناميسين واحد من العقاقير التى يُلْجأ إليها كمحاولة أخيرة فى علاج مرض التدرن الرئوى (السل) المتعدد المقاومة ـ وهذا مرض آخذ فى الانتشار . والأمبسلين هو الآخر واسع الاستعمال فى العلاجات التى تحتاج إلى تعدد المضادات الحيوية . هناك تقرير صدر فى يوليو ١٩٩٤ عن اللجنة الاستشارية يزكّى أن يتضمن تقديرُ الأمان لواسمات المضادات الحيوية ، تقييماً للاستخدام الإكلينيكى للمضاد الحيوى ، ولاحتمال نقل جينات المقاومة إلى ميكروبات الأمعاء والتعبير عن نفسها فيها ، ولسُمِّية منتجات الجين .

لقد أصبح تطوير بدائل لواسمات مقاومة المضادات الحيوية أمراً مرغوباً فيه بالكثير من المحاصيل عبر الجينية التى تصل إلى غذاء الإنسان ، على الرغم من أن الكثيرين يرون ألاَّ ضرورة لذلك . دَعَتْ اللجنة الاستشارية فى تقريرها إلى مزيد من البحوث فى تطوير نُظُم واسمات فَرَّازة بديلة . من بين البدائل الموجودة حاليا هناك البتر الإنزيمى لحذف الجينات الواسمات فى الكائنات الدقيقة ، وهناك واسمات مقاومة مبيدات الأعشاب فى نباتات المحاصيل . ستطرح بعض الواسمات البديلة مشاكلها الخاصة ، والأفضل أن يُجرى تحليل لكل حالة على حدة لاختيار أفضل نظام للوسم .

الفصل التاسع

بعض القضايا الأخلاقية والمعنوية

أثار تطبيق الهندسة الوراثية لإنتاج الغذاء عددا من القضايا الأخلاقية والمعنوية ، وسنتفحص فى هذا الفصل ثلاثاً من هذه القضايا : أخلاقيات نقل جينات بعينها ، وما إذا كان التحوير الوراثى يزيد من معاناة الحيوان ، ثم ما إذا كان من الجائز أخلاقياً أن تصبح الحياة مِلْكية خاصة .

الجينات الحساسة أخلاقيا

قد يكون للمستهلكين اعتراضاتٌ أخلاقيةٌ خاصةٌ على الأغذية المحورة وراثياً . فى عام ١٩٩٣ صدر أول تقرير عن « لجنة أخلاقيات التحوير الوراثى واستعمالات الغذاء » ، وكانت الحكومة البريطانية قد شكلتها تحت رئاسة جون بولكينجهورن . حددت اللجنة ثلاثة مجالات قد تثير القلق الأخلاقى :

١ ـ نقل جينات الإنسان إلى الحيوانات التى تُستخدم طعاماً للإنسان .

٢ ـ نقل الجينات من حيوانات تُحَرِّم بعض الأديان أكل لحومها ، إلى حيوانات لحومها محللة .

٣ ـ نقل جينات حيوانية إلى نباتات محاصيل قد تصبح بذلك غير مقبولة لدى النباتيين . أما القضايا الأخلاقية الأوسع فكانت خارج نطاق عمل اللجنة .

لم تكن للجينات الحساسة أخلاقيا أية علاقة آنذاك إلا بعدد قليل من الأطعمة ، لكن التقرير كان يهدف إلى توضيح الأمر لصنَّاع القرار فى المستقبل . لهذا وضعت اللجنة الحقائق التالية فى الاعتبار :

١ ـ بسبب كَلْوَنة الجينات وعملية النسخ ، تكون الغالبية العظمى من الجينات جيناتٍ منسوخة ، وليست هى الدنا الأصلى .

٢ ـ تؤدى الجينات دورها البيولوجى فقط داخل سياق الكائن الحى الذى تعمل به .

٣ ـ لا يتضمن المُنْتَجُ الغذائى النهائى فى بعض التكنولوجيات أيًا من المادة عبر الجينية الأصلية ، أو النُّسَخ المُكَلْوَنَة منها . والكثيرون من وراثيى الجزيئات يعتبرون أن الجينات المنقولة هى بالفعل نسخٌ مُخَلَّقة من الجين الأصلى المعزول ، ذاك لأن عملية الكَلْوَنة تخفف من هذا الجين تخفيفاً هائلاً . على أن توجيهات اللجنة كانت تهدف إلى كشف أىّ « ظل أخلاقى » قد يُرْبَط بالأغذية المحورة وراثياً .

ولقد كان احتمالُ نقل الجينات البشرية إلى الطعام قضيةً تشغل بالفعل اللجنة الاستشارية للأغذية والمعاملات الجديدة . لايزال إنتاج الحيوانات عبر الجينية ، ولحد كبير ، أمراً يصيب حيناً ويخيب أحياناً . فبجانب كل حيوان مُحَوَّر ينجح ، هناك الكثير مما لم ينجح . تستوعب الحيواناتُ الرواد الجيناتِ البشريةَ وتُنتج العقاقير الصيدلية ، لكن الحيوانات التى لم ينجح تحويرها قد تحتوى على بعض الجينات البشرية التى لم تعبِّر عن نفسها كما يجب . ليس لمثل هذه الحيوانات قيمةٌ بالنسبة لإنتاج العقار ، وإن كانت لها قيمتها كحيوانات مزرعة . وعلى هذا رأت اللجنة أن الواجب أن تُعامل كل الحيوانات الناتجة عن أى برنامج تحوير وراثى على أنها محورة ، إذ ربما كانت تحمل جيناتٍ بشريةً لم تُكْشَف .

أما استخدام جينات من حيوانات تُحَرِّمها بعض الأديان ، فهو قضية معقدة . ولقد وجدت لجنة الأخلاقيات أن لجماعات الأديان المختلفة وجهات نظر مختلفة بالنسبة للهندسة الوراثية ، وإن كانت جميعاً تتفق على أن الهدف من نقل الجينات هو مفتاح الموقف الأخلاقى عندها . فجماعات المسلمين تقول إن الجينات المنقولة تظل تحتفظ بأصلها ، فالجين المأخوذ من بقرة يظل جين بقرة ، بينما ترى جماعات اليهود أن الجينات تتخذ طبيعة

الكائن الذى إليه نُقلَت . تضع جماعات المسلمين حداً واضحاً بين تحسين النوع من خلال طرق التهجين التقليدية وبين الهندسة الوراثية ، بينما تميل جماعات المسيحيين واليهود إلى القول إن البشر قد مُنِحوا القدرة على منابلة الطبيعة ، وليست الهندسة الوراثية سوى بعض من هذه القدرة .

أما إنتاج النباتات عبر الجينية فلم يُثِر إلا القليل من القضايا الأخلاقية . على أن هناك جينات من بكتريا وأسماك وحيوانات قد أولجت فى نباتات المحاصيل . تسبب الحالة الأخيرة قلقاً لدى النباتيين vegetarians ، فالكثيرون منهم قد يرون أن أكل الأغذية النباتية التى تحمل جينات حيوانية هو أمر غير مقبول . لكن « جمعية النباتيين » قد صَدَّقت على الجبن المصنوع باستخدام خميرة تحتوى على جين الكيموزين chymosin . و «جبن النباتيين» هذا هو بديل للجبن المصنوع بكيموزين معدة العجول . نُقِل جين منقول من سمكة الفلاوندر flounderيحمى من التجمد ، نُقِل تجريبياً إلى الطماطم لمنع أضرار الصقيع . على أن الغالبيةَ العظمى من الجينات التى تُنْقَل إلى النباتات عبر الجينية مأخوذةٌ من البكتريا أو من نباتات أخرى .

الرفق بالحيوان

أثار تطبيق الهندسة الوراثية لتحوير حيوانات المزرعة قلقاً حول رفاهة الحيوان . وعلى الرغم من أن تطوير الحيوانات عبر الجينية قد بدأ منذ منتصف الثمانينات إلا أن القضايا حول طرق تخفيف معاناة الحيوانات وكيفية تنظيم إنتاجها لم تزل بعد دون حل .

يقول كولين تَضْج فى كتابه « المهندِس فى الحديقة » إن الهندسة الوراثية لا تثير أية قضايا جديدة بالنسبة للرفاهة أو الأخلاق ، ذاك لأن تربية الحيوان التقليدية قد أنتجت بالفعل تحسيناتٍ فى إنتاج الغذاء ضارةً بصحة الحيوان . ولقد فاقم من هذه الآثار الضارة ما ذاع وانتشر من استخدام هرمونات النمو

ومن استخدام وحدات التربية المكثفة . أما الهندسة الوراثية فهى تفسح للمربى مجالاً أوسع لتحقيق تحسين وراثى . من الممكن أن نمضى بالخصائص المفيدة لإنتاج الغذاء إلى آماد أبعد ـ نستطيع مثلاً أن ننتخب أبقاراً لها ضروع أكبر حتى من حجمها الحالى . لقد تزايد حجم ضرع البقرة من خلال طرق التربية التقليدية ، وتزايد معه مرض التهاب الضرع الموجع المؤلم (انظر الفصل الثالث) . من الممكن أن نصل من الحيوانات عبر الجينية إلى إنتاجية أعلى لكن الأرجح أن تكون هذه الحيوانات أكثر عرضة للكرب وللمرض .

اتضح أن الحيوانات عبر الجينية تُطَوِّر بالفعل مشاكلَ بسبب آثار الجينات الغريبة . نُقِل جين لهرمون النمو البقرى إلى أجنَّة أغنام وخنازير وثبت أن ما يحدث من ارتفاع مستوى هذا الهرمون لفترة طويلة يؤذى صحة الحيوان . ربما كانت حالة «خنازير بلتسفيل» هى أخطر ما أُعْلِن من مشاكل : فى أواسط الثمانينات دُمِج جين لهرمون النمو البشرى فى أجنة خنازير بمحطة وزارة الزراعة الأمريكية فى بلتسفيل بغرض زيادة معدل النمو . أصيبت « خنازير بلتسفيل » هذه بالتهاب مفاصل حاد ، وظهرت بها تشوهات فى العمود الفقرى ، كما أصيبت بالعمى أو الحَوَل ، وكانت عقيمة . يستشهد معارضو الهندسة الوراثية كثيراً بهذه الدراسة ، ولقد تسببت حقاً فى الكثير من الدعاية السلبية ضد من يريدون إنتاج حيوانات عبرجينية للغذاء الآدمى . تم أيضاً بالفعل تجريبياً إيلاج جينات بشرية فى الأبقار والأغنام والفئران والأرانب والأسماك .

ربما كان الواجب أن يوجَّه القلق حول قضية الرفق بالحيوان نحو كل الحيوانات المرباة تحت ظروف الزراعة المكثفة ، لا أَنْ نختص بذلك الحيوانات المحورة وراثياً . إن القوانين الحالية الخاصة بالرفق بالحيوانات عبر الجينية لا تزال فى أغلبها غامضة . ثمة قانون بالولايات المتحدة يغطى قضية الرفق بكل حيوانات المزرعة التى استُخْدِمَتْ فى التجارب ، فإذا ما حُوِّر الحيوان وراثياً لإنتاج بروتين

للاستخدام الطبى خضعت حمايته فى معظمها إلى قوانين مصلحة الغذاء والدواء - نفس القوانين التى تحكم إنتاج العقاقير من البكتريا . تسمح القوانين الأمريكية بإنتاج قطعان من الحيوانات عبر الجينية ، على الرغم من عدم إجراء دراسات على الآثار طويلة المدى على صحة الحيوان . أما ما يغطى العمل على الحيوانات عبر الجينية فى انجلترا فهو قانون الإجراءات العلمية على الحيوان ، الصادر عام ١٩٨٦ . تُمنح التراخيص إذا كانت الفوائد للبشر تفوق الكُلْفة ، والكلفة هنا هى معاناة الحيوان . ولقد ازدادت الكلفة على حساب الحيوان فى السنين الأخيرة . نادت الجمعية الملكية لحماية الحيوان بوقف الهندسة الوراثية إذا كانت ضارة - بأى شكل - بصحة الحيوان ورفاهيته ، لكنْ يصعب تحديد المعاناة التى يقاسيها الحيوان من جَرَّاء المنابلة الوراثية .

تقول الاستفتاءات العامة إن للكثير من اعتراضات الناس على الهندسة الوراثية أساساً أخلاقياً . تَنْتُج الألبان واللحوم فى الدول الصناعية بكميات كافية حقاً ، وعلى هذا فإن تربية الحيوانات عبر الجينية إنما يتم بغرض الربح ليس إلا . فإذا قورنت المعاناة التى تنجم عن التحوير الوراثى للحيوانات بالفوائد ، أصبح استخدام الحيوانات عبر الجينية فى إنتاج الطعام مسألة فيها نظر من الناحية الأخلاقية ، فالغاية هنا لا تبرر الوسيلة .

أما تطوير الحيوانات عبر الجينية بغرض إنتاج العقاقير الطبية فهو هدف ذو فوائد واضحة ، إذ يوفر حاجات طبية محددة . لكنا نستطيع أن ننتج هذه العقاقير أيضاً من البكتريا باستخدام العمليات البيوتكنولوجية . وعلاوة على ذلك فإن الناس لا يقبلون أخلاقياً بعض الاستعمالات الطبية للحيوانات عبر الجينية - مثل بعض ما يجرى من بحوث فى نقل أعضاء الحيوان إلى الإنسان . يتزايد الطلب العالمى على نقل الأعضاء بنسبة تبلغ ١٥ %كل عام ، فى وقت يظل فيه معدل التبرع بالأعضاء ثابتاً ، وبذا تكون لهذه الأبحاث فوائدُ متوقعة هائلة . تطور شركة إيموتران Imutran خنازير مُـؤَنْسَنَةً humanized هُنْدست

بجينات بشرية بحيث لا تُرْفَض أعضاؤها عند نقلها للإنسان . ولقد نجحت عملية زراعة أنسجة هذه الخنازير فى البشر ، على أن ما أُثير مؤخراً حول أحد فيروسات الخنزير الارتجاعية retrovirus (فقد هاجم هذا الفيروس الخلايا البشرية فى المعمل) قد يُحِد كثيراً من نقل أعضاء الخنزير إلى البشر .

هل الدنا هو الحياة ؟

يعترض الكثيرون ـ أخلاقيا ـ على تسجيل البراءات لصور الحياة المختلفة . أما بالنسبة للشركات فإن إصدار البراءات أمر جوهرى لحماية استثماراتها فى البحوث والتطوير . يُعتبر قانون البراءات أمراً ضرورياً لارتقاء تجارة البيوتكنولوجيا الجديدة .

يكون الاعتراض الأخلاقى على تسجيل البراءات أَحَدَّ ما يكون بالنسبة للحيوانات ، وبالذات بالنسبة للمادة الوراثية للإنسان . كان أول حيوان تُسَجَّل براءته هو فأر السرطان OncoMouse ، وقد تم ذلك عام ١٩٨٨ . يُطَوِّر هذا الفأرُ عبر الجينى السرطانَ بعد ولادته ببضعة أسابيع . مُنحت البراءة لجامعة هارفارد لاستخدام هذه الفئران فى اختبار الآثار المُسَرطِنَة للعقاقير وغيرها من المواد الكيماوية ـ فهذه الحيوانات حساسة جداً للمُسَرْطِنَات ، الأمر الذى يُسرع كثيراً من فرز الكيماويات المُسَرْطِنَة . مَوَّلت شركة دو بونت البحوث الأولى ، واجتنت مكافأة مالية هائلة . رفض المكتب الأوروبى للبراءات (م أ ب) EPO فى البداية أن يمنح هذا الفأر براءة ، إذ شعر أن الفوائد الذى سيجنيها البشر من ورائه لا تعادل المعاناة التى ستقاسيها الحيوانات ـ وهذه جملة موجودة فى قانون الحيوانات الانجليزى الصادر عام ١٩٨٦ ، وفى غيره من التشريعات الأوروبية . غير أن هذا الرفض قد أُلغى فى الاستئناف : وقد وضع سابقة ، فمنحت البراءات بعده لعدد كبير من الحيوانات عبر الجينية . وعلى سبيل المثال ، فعلى عام ١٩٩٥ كان ما يزيد على ٢٥٠ براءة وقد مُنِحَتْ لسلالات من الفئران عبر الجينية المحورة لعيوب جينية مختلفة .

عارضت جماعة الضغط المسماة « الشفقة فى تربية الحيوان بالعالم » ، عارضت إصدار البراءات ، وذلك لأسباب تتعلق بالرحمة بالحيوان . فعلى سبيل المثال فقد عورض إصدار براءة لشركة بريساجين Bresagen الاسترالية تغطى خنازير عبرجينية تنتج هرمون نمو زائد ، وذلك لأن هذه الحيوانات كانت تعانى من التهاب المفاصل وقرحة المعدة ومرض السكر .

منح المكتب الأوروبى للبراءات (م أ ب) أول براءاته للجينات البشرية عام ١٩٩١ ، وكانت لجين هـ٢ ريلاكسين H2_relaxin . وفى عام ١٩٩٥ حاولت جماعة من أعضاء البرلمان الأوروبى إلغاء هذه البراءة قائلة إن الترخيص ببراءة لجين بشرى لا يعادل إلا الترخيص ببراءة لحياة بشرية ، ومن ثم فهو أمر لا أخلاقى . دافع م أ ب عن قراره قائلاً إن «الدنا ليس هو الحياة» . لم يجد م ب أو فى مناقشاته ، فارقاً أخلاقياً بين الترخيص ببراءة لجين بشرى وبين الترخيص لبراءة بروتين بشرى . يتركز الاهتمام الآن حول تسجيل براءات المادة الوراثية البشرية على مشروع الجينوم البشرى الذى يرمى إلى الانتهاء عام ٢٠٠٥ من سَلْسَلَةِ الجينات المائة ألف (أو نحوها) الموجودة بالطاقم الوراثى البشرى ، وعلى القضية الخلافية لقيام المعاهد القومية للصحة فى أمريكا بتسجيل براءة لجينات مأخوذة من الشعوب المحلية ـ مثل شعب بابوا غينيا الجديدة .

أصبح على محامى البراءات أن يتعاملوا مع العدد المتزايد من طلبات براءات تختص بتحويرات وراثية ، براءات يرى الناس أن لها تضمينات أخلاقية . لم يُقْصَد أبداً أن يصبح المحامون محكِّمين يقررون ما هو صحيح وماهو خطأ ـ والجدل الأخلاقى لدى المحامين يصرفهم عن مهَمتهم الأصلية . على أن قانون البراءات يأخذ أفكار الأخلاقيات فى الاعتبار . يرفض قانون البراءات الأوروبى الصادر عام ١٩٧٣ تسجيل أىِّ ابتكار يكون « نشره أو استغلاله معارضاً للأخلاقيات أو النظام العام » (المادة ٥٢ ـ أ) . ولقد ضُمِّن هذا فى قانون البراءات لعام ١٩٧٧ الذى يمنع تسجيل براءات الاختراعات التى تشجع السلوك

العدوانى أو اللا أخلاقى أو المنافى لمصلحة المجتمع . ولقد استخدمه ، وخاب مسعاهم ، معارضو براءة فأر السرطان ، على أساس أنه يشجع القسوة على الحيوان ، ومعارضو تسجيل براءات المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب على أساس أنها تشجع رش المحاصيل دون تمييز بالكيماويات الزراعية .

وافق البرلمان الأوروبى فى ١٦ يوليو ١٩٩٧ على مسودة أمر توجيه بشأن الحماية القانونية للابتكارات البيوتكنولوجية ، توجيه يسمح بتسجيل براءات للكائنات الحية والجينات ، بما فيها الخلايا والجينات البشرية . أيَّد التوجيه تسجيل براءات صور الحياة ، لأول مرة فى القانون الأوروبى . وعندما يصبح هذا التوجيه قانوناً فى عام ١٩٩٨ ، ستُمنح البراءات - من ناحية المبدأ - فقط للإبتكارات التى يثبت أن بها خطوة مبتكرة فى الإنتاج ، وأن إجراءاتها تدخل فى حدود أخلاقية معينة . ثمة تعديل قاد إلى إنشاء لجنة للأخلاقيات البيولوجية تفحص قرارات إصدار البراءات ، وثمة تعديل آخر يمنع تسجيل براءة على الإنسان الكامل . على أن النقاد يقولون إن التمييز بين الابتكارات وبين الاكتشافات لم يعد واضحاً ، بسبب صياغة التوصية ، وبذا يُفتح الباب أمام الشركات الخاصة لتسجيل براءات جينات وتتابعات جينية بنفس تركيبها الموجود بالطبيعة .

اهتم هذا التوجيه أيضاً بقضايا الرفق بالحيوان ، فبه فقرة تستثنى من التسجيل عمليات تحوير الحيوان «التى تسبب على الأرجح معاناته أو تعويقه بدنياً دون فائدة طبية جوهرية للإنسان أو الحيوان» . وكلمة «طبية» هذه تعنى أن الفوائد الزراعية لن تفوق بالضرورة معاناة الحيوان ، وقد يكون هذا سبباً لرفض إصدار براءات لحيوانات عبرجينية حُوِّرت مثلاً لسرعة النمو .

والهندسة الوراثية ، مثل غيرها من التكنولوجيات ، قد تُوَجَّه إلى خير المجتمع وقد لا تُوجه . وعلى المجتمع أن يستلهم القيم الأخلاقية عند إصدار التشريعات المنظِّمة لهذه التكنولوجيا ، بحيث لا تتعذب الحيوانات بلا مبرر ، وبحيث تُطَوَّر تطبيقاتٌ مقبولة أخلاقياً ، توفر للناس فوائد حقيقية .

الفصل العاشر

الفن المرْبِح لتسجيل البراءات

وَثَّقت الشركات متعددة الجنسية براءات patentsعدد كبير من الكائنات المحورة وراثياً ومن تقنيات إنتاجها . تمنحهم هذه البراءات حقوق الملكية الفكرية للكائنات والجينات أو العمليات ، لمدة تصل إلى عشرين عاماً . تأتى الأرباح فى مجال إنتاج الغذاء عن بيع بذور المحاصيل عبر الجينية الموثَّقة ، وهذا يعطى ربحاً أكثر مما تتصور ، كما سيبيِّن هذا الفصل ، بسبب اتفاقيات ترخيص الجينات ، واتفاقيات التجارة الدولية ، ومَدّ حقوق الملكية الفكرية intellectual property rightsلتغطى العالم بأسره . وتسجيل براءات بذور المحاصيل قد يؤثر سلباً على المزارعين ، لاسيما فى العالم الثالث .

تسجيل براءات النباتات

تُمْنَح حقوق تسجيل البراءات مقابل الكشف عن معلومات . تَمْنَع هذه المعلومات الآخرين من انتهاك حرمة البراءة ، وتَسمح لهم بمعرفة سر البراءة عند انقضاء أجلها ، وتَمنع إصدار أى براءات أخرى للمبتكرات المسجَّلة . تَعْتبر الشركات المتعددة الجنسية أن براءات منتجات البيوتكنولوجيا أمر جوهرى لحماية استثماراتها الضخمة فى البحوث والتطوير . يمكن للشركات حاملة البراءات أن ترخص للغير بحقوقها فى مقابل جُعْل royalty أو أجر ، يُدفع مثلاً على استعمال بذور المحصول عبر الجينى ، وعلى كل البذور الناتجة فيما بعد من هذه النباتات عبر الجينية طوال فترة سريان البراءة .

سنجد من الناحية التاريخية أن حماية صور الحياة ، عن طريق ما يشبه البراءات ، قد عوملت معاملة منفصلة عن البراءات الخاصة بالمواد غير الحية

. مُنِحَت «حقوق مربى النبات» للمربين لحماية السلالات الجديدة من المحاصيل ، ولقد حدث ذلك بالولايات المتحدة لأول مرة عام ١٩٣٠ عندما صدر « قانون حماية النبات» الذى يغطى السلالات التى تتكاثر لا جنسياً - وافتُرِض أن تكون هذه السلالات الجديدة متميزة حتى تفى بمتطلبات الجدة . وفى عام ١٩٦١ وقَّعت ثمان عشرة دولة «الاتفاقية الدولية لحماية سلالات النبات الجديدة» . وقد مَنَحَتْ هذه الاتفاقية المربين حقوق الملكية الفكرية على سلالاتهم الجديدة . وفى عام ١٩٧٠ وَسَّع قانون حماية سلالات النبات من حقوق المربين فَضَمَّ السلالات التى تتكاثر جنسياً . وحقوق مربى النبات تحميه من إعادة بيع البذور ، لكنها تسمح لأىّ مُرَبٍّ بأن يستخدم البذور كأبٍ لأجيال قادمة ، كما تسمح للمزارع بأن يخزن بذور المحصول المحمىّ وأن يعيد زراعتها . كان ثمة عقبات قانونية فى الماضى فى مَنْح البراءة الكاملة للسلالات الجديدة ، من بينها ضرورة أن تكون السلالة مما يمكن تكثيره ، وضرورة توفير الوصف الكامل للابتكار ، وحقيقة أن « مادة البدء » هى من «منتجات الطبيعة» ، وليست ابتكارات جاءت فقط عن القدرة الإبداعية للعقل البشرى .

كان إثبات أن السلالة مما يمكن تكثيره عقبةً كبرى فى الماضى أمام مربى النبات ، فلقد كان من الصعب - إن لم يكن من المستحيل - تكثير السلالات النباتية الجديدة الناتجة عن الطفرات ، على الرغم من مهارة المربين ومناهجهم الموطدة . يُسَلِّم قانون حماية سلالات النبات بأن الخطوط المرباة داخليا inbred lines تعطى نباتات يسهل توثيق براءات لها ، ذلك أن عملية التلقيح الذاتى المصحوبة بالانتخاب للصفات المرغوبة ستؤدى إلى بذور ذات جينومات متماثلة - تكون مثل هذه الخطوط متميزة نسبياً ومتماثلة وثابتة . على أن هذا فى حد ذاته يوفر صورة بديلة للحماية ، إذا وضعنا فى الاعتبار حاجة المزارع لشراء بذور

جديدة لكل محصول . يسمح قانون حماية سلالات النبات بمراقبة الخطوطِ المرباة داخلياً المستخدمةِ فى إنتاج الهُجُن ، وفى هذا ضمان عملى بحماية الهُجُن ، ومن الممكن بنفس الشكل تسجيل براءات الخطوط الأبوية عبر الجينية المرباة داخليا . بُذِلَ قدر كبير من الاستثمارات فى إنتاج البذور الهجينة ، وأصبحت معظم محاصيل الخضروات هُجُناً بفضل مجهودات مربى النبات . وعلى هذا يُقْبَل توثيق الخطوط الصادقة التوالد **pure breeding** من المحاصيل المحورة وراثياً . تُهَجَّن هذه الخطوط بسلالات أخرى لإنتاج المحاصيل الهجينة التى تحمل الجينات الغريبة .

والمواد غير الحية أسهل فى الوصف من النباتات ، لأنها لا تتغير مع الزمن بطريقة تفسد هذا الوصف ، لكن تطبيق مفهوم حقوق الملكية الفكرية على السلالات النباتية الجديدة قد ساعد فى إزالة عقبة «الوصف الكامل» عند تسجيل البراءات .

نُظِرت بالولايات المتحدة عام ١٩٨٠ قضية هامة قياسية (يُقَاس عليها) مهدت الطريق لتوثيق براءات صور الحياة : قضية دياموند ضد شاكرابارتى ، إذ رفضت المحكمة للمرة الأولى مبدأ «إن هذا من منتجات الطبيعة» . فى هذه القضية حكمت المحكمة العليا للولايات المتحدة بأنه من الممكن أن توثق براءةٌ لسلالةٍ جديدة من بكتريا بسودوموناس *Pseudomonas* بعد أن استأنف مَنْ طوَّروها الدعوى ضد قرار مكتب البراءات والعلامات التجارية برفض إصدار البراءة . طُورت هذه البكتيرة لالتهام بقع زيت البترول ، وقد مُنِحَت البراءة لشركة جنرال إليكتريك . حكمت المحكمة بأن البكتيرة ليست نوعاً مما يوجد طبيعياً ، وإنما هى نتيجة لابتكار بشرى .

مُنِحت جامعتا ستانفورد وكاليفورنيا أولى البراءات العريضة للبيوتكنولوجيا ، فيما بين عامى ١٩٨٠ و ١٩٨٤ ، وذلك لتقنية الدنا المُطَعَّم

الأساسية التى طوّرها بُويَر وكوهين ـ استعملا التقنية فى إنتاج الإنسولين وفاكسين الالتهاب الكبدى ب وغير ذلك من المنتجات فى البكتريا . كانت البراءة تغطى معظم تقنيات المنابلة الوراثية التى كانت تُستخدم آنئذ . ولتقليل ما قد يحدث من اعتراضات ، تبنّت جامعة ستانفورد سياسة غير مانعة وتسعيراً متواضعاً نسبياً للترخيص باستعمالها . ولقد أدى هذا إلى الانتشار الواسع للتقنية الأمر الذى قاد إلى الكثير من التطويرات التجارية الهامة الأخرى فى البيوتكنولوجيا . غير أن النقاد قد جادلوا بأن بحوث ستانفورد إنما قد مولتها أموال دافعى الضرائب ، وأن تسجيل براءة هذه البحوث قد وفرت للجامعة ملايين الدولارات ، بينما يعود دافعو الضرائب فيدفعون التكاليف عنه شراء منتجات البيوتكنولوجيا . استنكف الكثيرون فى الصناعةِ الطبيعةَ العريضةَ للبراءة ـ التى بدأ انتهاء أجلها عام ١٩٩٧ ـ لكنها كانت بمثابة إشارة توجيه لطلبات البراءة فى المستقبل .

مُورِست لزمان طويل ضغوط تجارية كبيرة لتسجيل براءات نباتات المحاصيل . امتدت حقوق مربى النبات لتشمل فقط البيع الأول للبذور ، أما تسجيل البراءة فيعنى أن يدفع المزارعون ومربو النبات جُعْلا لحامل البراءة مع كل جيل من الزراعة لاحقٍ ناتج عن البذور الأصلية طوال فترة سريان البراءة . ثم إن حقوق مربى النبات لا تحمى إلا المنتجات ، أما نظام البراءات فيحمى المنتجات مثلما يحمى العمليات ، نعنى أنه يوفر لحامل البراءة جُعلا أكبر .

تنص الاتفاقية الأوروربية للبراءات لعام ١٩٦٢ على أنه لايجوز إصدار براءات « للعمليات التى هى فى الجوهر بيولوجية» . على أن المكتب الأوروبى للبراءات (م أ ب E P O) ـ فى ميونيخ ـ قد أصدر فى أواخر الثمانينات ، ولعدد من السنين ، براءاتٍ لنباتات وحيوانات عبرجينية ، وذلك بفحص الحالات واحدة واحدة . مُنحت أولُ براءةٍ أوروبية لنبات

مهندَس وراثياً عام ١٩٨٩ لشركة لوبريزول Lubrizolالتى طلبت الحقوق على تقنية حُوِّرت بها نباتات عباد الشمس والألفا ألفا وفول الصويا بحيث تُخَزِّن بروتيناً أكثر . وفى عام ١٩٩١ اقْتَرَحَت مسوّدةُ أمر توجيه directive تقدمت بها المفوضية الأوروبية أن منتجات البيوتكنولوجيا لا تَنْتج عن عمليات بيولوجية وإنما عن ابتكار بشرى ، ومن ثَمَّ فهى تقبل الحماية بالبراءة . رُفِض هذا الأمر التوجيهى فى البرلمان الأوروبى عام ١٩٩٥ لأسباب أخلاقية تتعلق بتسجيل براءة صور الحياة والجينات البشرية ، ولأنه قد يصطدم بحقوق مربى النبات والمزارعين ، وأوقفت المفوضية الأوروبية أثناء ذلك منح البراءات للكائنات عبر الجينية .

فى حرص بالغ أعادت المفوضية الأوروبية كتابة أمر التوجيه على ضوء الاعتراضات السابقة ، لتتم فى يوليو ١٩٩٧ الموافقة على مسودة « أمر توجيه بشأن الحماية القانونية للابتكارات البيوتكنولوجية » . كان بالتوجيه عدد من التعديلات يكفل عدم جواز تسجيل براءات اكتشافات مثل الجينات فى صورتها الطبيعية . ناورت الشركات متعددة الجنسية كثيراً ، وتمكنت من اقناع أغلبية أعضاء البرلمان الأوروبى بأهمية إصدار أمر التوجيه بالموافقة على إصدار البراءات ، لضمان أن تقف الصناعة البيوتكنولوجية الأوروبية على قدم المساواة مع منافساتها بالولايات المتحدة واليابان ، وأن يبقى الوضع والبحث العلمى راسخاً . عزف مشجعو الهندسة الوراثية على وتر « الخوف من أن تتخلف أوروبا عن الرَّكْب » ، وسنقابل نفس هذه النغمة فى الجدل حول الموافقة على تسويق الأغذية المحورة وراثياً . على أن أعنف المناورات قد جاء عن الشركات متعددة الجنسية المتمركزة بالولايات المتحدة ، التى كانت متلهفة على تسويق منتجاتها وتوسيع أعمالها فى أوروبا ـ تلك الشركات التى تقدمت بطلبات التسجيل والتى كانت تنتظر موافقة م ب أ . لم يشترط أمر

التوجيه أن تُلقى على حاملى البراءة مسئولية إجراء البحوث أو الإنتاج فى المنطقة التى صرحت بالبراءة ، لكنه سيساعد أيضاً شركات البيوتكنولوجيا الصغيرة فى أوروبا ، كما سيزيل مشاكل الكثير من الالتباسات القانونية ، وهو يعزز موقف الصناعة ، إذ يضمن أن تُمنح البراءات على الأرجح للمنتجات الزراعية المحورة وراثياً ، كما أنه يُعَقِّد الأمر أمام اعتراض المنظمات على تسجيل براءات صور الحياة على أسس أخلاقية (أنظر الفصل التاسع) .
كان لدى م ب أ عندما ووفق على أمر التوجيه رصيداً لم يُنْجَزْ من طلبات التوثيق يبلغ نحو ألف ومائتين من النباتات ونحو ستمائة من الحيوانات .

ثار الكثير من النزاع بين الشركات حول تسجيل البراءات . فَجَّرت الطبيعة العريضة للكثير من البراءات ، والتضارب بينها ، سلسلةً من الدعاوى القانونية ـ قضايا قد تكون لنتائجها آثار مالية هائلة على الشركات المعنية . فى عام ١٩٩١ طلبت شركة آى سى آى ICIتوثيق براءة لطماطم مهندسة وراثياً تبقى صلبة عند النضج . كانت شركة كالجين المنافسة قد حصلت على براءة لنبات مماثل ، طماطم فليفر سيفر . نتج كلا الصنفين من الطماطم عن تقنيات إسكات الجينات : كانت شركة آى سى آى قد استخدمت جين تفعيل بينما استخدمت شركة كالجين جين تعطيل . طلبت آى سى آى أن توثق مقطعاً من الدنا أولجته فى الطماطم ، وكان لدى كالجين براءة تغطى تقنيتها لإنتاج طماطم عبرجينية . أبرزت مثل هذه القضايا ما يحدث من ارتباك عندما تُمنح البراءات للجينين وللعمليتين . تَلَتْ هذه القضية قضيةٌ أخرى فى عام ١٩٩٣ عندما قام مكتب البراءات والعلامات التجارية (م ب ع ت) بمنح شركة إينزو بيوكيم Enzo Biochem حقوق براءة تكنولوجيا التعطيل المستخدمة فى إنتاج العديد من المحاصيل عبر الجينية . مَنَحت هذه البراءاتُ الشركة حقوقاً عريضة على استخدام

رناوات مستحدثة تسمى رناوات التعطيل توقف نشاط جينات بذاتها فى أى محصول . حاولت هذه الشركة على الفور أن تقاضى كالجين لأنها تتعدى على البراءة وتستخدم تكنولوجيا التعطيل فى إنتاج محاصيل من بينها طماطم فليفر سيفر (وإن كانت قد خسرت القضية) .

فى عام ١٩٩٥ أصدر م ب ع ت الأمريكى براءةً لشركة ميكوجين Myco-gen تخول لها الحق على أية طريقة تُحَوَّر بها جينات بروتين بى تى المبيد للحشرات بحيث تشبه جينات النبات . هذه شركة صغيرة نسبياً ، ومن ثم فقد فضلت عدم الدخول فى معركة تكلفها كثيراً مع شركة مونسانتو الضخمة والتى طورت تكنولوجيا مماثلة . وعلى هذا قامت بالتفاوض معها للوصول إلى اتفاق بالترخيص . تُفْسِح النزاعات حول البراءات الآن المجال لاتفاقيات تعاون فى الترخيص . ثم إن الشركات متعددة الجنسية تتولى - بالتدريج - إدارة الكثير من صغار شركات البيوتكنولوجيا ، لتُتْرك براءات نباتات المحاصيل الأساسية فى أيدى عدد محدود من الشركات .

أنشىء نظام البراءات بالولايات المتحدة وأوروبا وغيرها ليعتنى بالابتكارات الميكانيكية ، وأصبح عليه الآن أن يعتنى بتحويرات النُّظُم البيولوجية . كانت البراءات تصدر للشركات أو الأفراد لمنحهم حقوق الملكية الفكرية على ابتكاراتهم ، أما الآن فقد أصبحت الشركات المتعددة الجنسية هى التى تحمل البراءات . ففى عام ١٩٩٠ جاء نصف ما قُدِّم من طلبات تسجيل البراءات إلى م ب أ عن ثمانٍ لا أكثر من الشركات المتعددة الجنسية ، وكان ثُلْثُ الطلبات عن ثلاث فقط من هذه الشركات ، هى مونسانتو وسيبا-جايجى ولوبريزول . أصبح للشركات متعددة الجنسية الآن تأثير هائل على عملية تسجيل البراءات ، وانشغل المحامون فى اتخاذ القرارات حول طلبات تسجيل براءات عريضة تغطى محاصيل الغذاء الرئيسية التى ترتبط بالأمن الغذائى .

براءات تغطى أنواعاً برمتّها

فى أكتوبر ١٩٩٢ منح مكتب البراءات والعلامات التجارية (م ب ع ت) براءةً خِلافِيَّةً لشركة أجراسيتوس Agracetus ـ وكان صاحبها الوحيد آنئذ هو و .ر . جريس (وإن كانت ملكيتها الآن لشركة مونسانتو) . خولت البراءة للشركة الحقوقَ على كل صور القطن المهندس وراثياً أيا كانت التقنيات المستخدمة أو الجينات المولجة لإنتاج النباتات عبر الجينية . وفى عام ١٩٩٤ تقدمت وزارة الزراعة الأمريكية ومؤسسة برينمان وجورجز القانونية بطعن ضد براءة أجراسيتوس هذه . وافق م ب ع ت على إعادة النظر فى البراءة ، وعلى نهاية العام كان وقد رفضها لأنها أهملت الإشارة إلى تحويرات فى القطن تمت فى شركة أخرى ، ولأن إنتاج القطن المهندس وراثياً قد غدا بالفعل «واضحا» للعلماء فى هذا المجال . فى نفس الوقت مضت أجراسيتوس وتقدمت بطلبات لبراءات مشابهة على القطن عبر الجينى فى العالم كله . على أن الهند قد رفضت فى فبراير ١٩٩٤ طلب البراءة الذى تقدمت به الشركة والذى يغطى نوع القطن برمته ، استناداً إلى فقرة فى قانون البراءات الهندى لعام ١٩٧٠ : «بسبب تضميناتها بعيدة المدى على اقتصاديات قطن الهند» .

لم تكن براءة القطن إلا أولى الطلبات التى تقدمت بها أجراسيتوس للحصول على براءات تغطى أنواعاً برمتها من محاصيل هامة زراعية وصناعية . حصلت الشركة على براءة قاذفة أكسيل Accell للجينات (أنظر الفصل الثانى) التى تستخدم فى إيلاج الجينات فى نباتات المحاصيل . ساعدت هذه التقنية التى تمتلكها الشركة فى حصولها على براءات تغطى الأنواع . ادعت الشركة أنها تحتاج إلى براءة حماية عريضة تحمى بها استثماراتها فى تطوير المحاصيل عبر الجينية . وفى ٢ مارس ١٩٩٤ حصلت الشركة من المكتب الأوروبى للبراءات (م أ ب) على براءة لفول الصويا

المهندس وراثياً . كانت هذه البراءة تغطى كل فول الصويا المحور وراثياً ، بغض النظر عن التقنية المستعملة أو عن البلازما الجرثومية المستخدمة . إنها ترقى بالفعل إلى احتكار كل الصويا المهندسة ورانياً داخل دول الجماعة الأوروبية لمدة سبعة عشر عاماً ـ فترة سريان البراءة . تقدمت الشركة أيضاً بطلبات براءة نوع فول الصويا فى الولايات المتحدة وكل الدول المنتجة لهذا الفول . أثيرت اعتراضات قانونية ـ لم تنجح ـ ضد هذه البراءة . فعلى سبيل المثال طعنت المؤسسة الدولية لتقدم الريف (م د ت ر) فى هذه البراءة الأوروبية لأنها تخالف فقرة النظام العام فى ميثاق البراءات الأوروبى ، تلك التى ترفض تسجيل براءات أى ابتكار يكون «نشره أو استغلاله معارضاً لأخلاقيات هذا النظام» . دفعت م د ت ر بأن البراءة تتعارض مع الأخلاقيات العامة ، لأن السماح لشركة واحدة باحتكار البحث الوراثى فى واحد من أهم محاصيل الغذاء فى العالم إنما يشكل تهديداً للأمن الغذائى العالمى .

وعلى منتصف التسعينات ، عندما تملّكت مونسانتو شركة أجراسيتوس ، كانت الشركة قد نجحت فى الحصول على براءات تغطى كل المنابلات الوراثية للقطن وفول الصويا ، وكانت لديها براءات قيد النظر تتعلق بالأرز والفول السودانى والذرة . تقدمت أجراسيتوس بطلبات لتسجيل براءات إنتاج نباتات أرز مُحَوَّر إلى مكاتب البراءات حول العالم . ولقد قُدِّم أول طلب للمكتب الأوروبى للبراءات فى ١١ مايو ١٩٩٢ . كان المعتقد أن هذه البراءة تسعى لتسجيل حقوق الشركة على كل أرز يُحوَّر باستخدام طرق تتضمن أجنة الأرز غير الناضجة والأقراص المريستيمية ، ولتغطى سلالتى إنديكا indicaوجابونيكا japonicaمن الأرز . استخدمت شركة أجراسيتوس أيضاً ملكيتها لقاذفة الجينات أكسيل لإضفاء صفة مقاومة مبيدات الأعشاب على سلالتين من الأرز : سلالة جلفمونت Gulfmont

الأمريكية ، وسلالة آى آر - ٥٤ IR-54 من المعهد الدولى لبحوث الأرز (إيرى) IRRI . يضم هذا المعهد ـ ومقره الفلبين ـ أكبر مجموعة فى العالم من البلازما الجرثومية للأرز ، وقد بَذَل الكثير للحفاظ على التنوع البيولوجى لهذا المحصول . تثير مثل هذه الطلبات ثائرة النقاد فى العالم النامى ، فإذا كان إيلاج جين غريب واحد فى سلالة من سلالات إيرى سيجعلها من ممتلكات أجراسيتوس (مونسانتو) ، فالمؤكد أن ستجنى الشركات متعددة الجنسية أرباحاً جد هائلة من أبحاث مربى النبات بالعالم الثالث . إن سلالات المحاصيل على العموم هى جهد آلاف السنين من الانتخاب الاصطناعى . لقد عمل الكثير من المزارعين والمربين على طول العالم وعرضه ، عبر سنين وسنين ، للوصول بسلالة المحصول إلى المرحلة التى يمكن فيها أن يُهَنْدَس وراثياً ، ثم . . . إذا بتحوير وراثى واحد يجعلها ملكية خاصة لمنظمة تجارية !

نشطت المؤسسة الدولية لتقدم الريف (م د ت ر) بالذات فى إبراز تضمينات براءات أنواع المحاصيل الرئيسية . من الممكن أن يُسْتَغَل عدد محدود من البراءات العريضة فى التحكم فى مجالات بأكملها من البحوث . فبراءة فول الصويا على سبيل المثال تثبط عملياً كل البحوث الأخرى على الصويا المحورة وراثياً ، وكل تطوير . فإذا ما طَور باحثون بجامعة أوروبية مثلاً نبات صويا عبرجينى يحمل صفة مرغوبة ، فسيُعتبر هذا اعتداءً على براءة أجراسيتوس إذا لم يحصلوا على ترخيص من الشركة أو دفعوا لها جُعلاً ـ على الرغم من استخدامهم تقنيات ومواد وراثية تختلف عما لدى الشركة . تمنع قوانين البراءات المُزارعَ من الاحتفاظ ببذور الصويا المهندَسة وراثياً ، أو بذور غيرها من المحاصيل التى تغطيها براءات تشمل النوع برمته . ومحصولا الصويا والقطن ـ اللذان سعت أجراسيتوس بنشاط للحصول على براءات نوعيهما ـ ليسا هُجُناً كما أن التلقيح فيهما مفتوح . وعلى هذا فإن

المزارعين فى مناطق كثيرة من العالم يقومون روتينياً بحفظ جزء من المحصول لاستخدامه كبذور للموسم التالى . صحيح أن البراءات لا تسرى إلا فى الدول التى تعترف بها ، لكن اتفاقيات التجارة الدولية تمنح حقوق البراءات الآن قوةً عالمية ، كما سنوضح فيما بعد بهذا الفصل . وفضلاً عن ذلك فإن للشركات متعددة الجنسية حاملة البراءة أن تمنع فى دول المقر استيراد المواد الخام أو البضائع المصنعة من المحاصيل المهندسة وراثياً التى تغطيها براءات « النوع برمته » ، إذا لم يوافق حامل البراءة ـ قطن الملابس مثلاً من الهند ، أو عجينة الصويا من البرازيل . أكد جوفرى هو ترين ، المدير العام للمعهد الدولى للموارد النباتية فى روما ، أكد للمؤسسة الدولية لتقدم الريف :

أن منح البراءات التى تغطى كل السلالات المهندسة وراثياً من نوع نباتى ، بصرف النظر عن الجينات المعنية أو طريقة نقلها ، إنما يضع فى يدىْ مبتكرٍ واحد إمكانية التحكم فيما نزرع فى حقولنا وفى حدائقنا . بجرة قلم أُنكرت عملياً بحوث عدد لا يحصى من المزارعين والعلماء فى قانون واحد للسَّطْو الاقتصادى .

اتفاقيات التعاون بين المؤسسات

تصبح الشركات متعددة الجنسية الحاملة لبراءات عريضة على تقنيات ومحاصيل رئيسية ، تصبح ، وبشكل يتزايد ، هى المعيار فى البيوتكنولوجيا الزراعية . ينتج عن هذا قدر أكبر من تداخل الترخيصات ومن الترتيبات بين الشركات لاستخدام التكنولوجيا وتطويرها . ثمة اتجاه هام فى البيوتكنولوجيا هو « اتفاقية التعاون بين المؤسسات » ، وبه تتعاون الشركات ، على أساس انتقائى ، إذا ما كانت خبراتها تتكامل أو كانت لها اهتمامات فى السوق متوازية . وعلى هذا فقد نشأت شبكات تحالفات ومشاريع مشتركة بين كبريات الشركات متعددة الجنسية ، تُمَكِّنها من التحكم فى مجالات رئيسية فى البيوتكنولوجيا الزراعية .

هناك اتفاقية نمطية للربط ما بين الشركات وقعت عام ١٩٩٦ بين كالجْين ومونسانتو ، حصلت بموجبها كالجْين على ترخيص ، دون جُعْل ، باستخدام تكنولوجيا من مونسانتو (بذور راوندأب ريدى Roundup Ready) مع جينات كانولا تخص شركة كالجْين . فى المقابل حصلت مونسانتو على ترخيص ، دون جُعْل ، باستخدام تكنولوجيا لكالجْين لتطوير المحاصيل . حَصّلت شركة كالجْين جُعلا من مونسانتو على مبيعات بذور محاصيل نتجت باستخدام تكنولوجيا كالجْين .

بعد أن مُنحت أجراسيتوس براءة نوع فول الصويا برمته فى أوروبا ، جَوَّزت الترخيص لمونسانتو (التى تمتلك الآن أجراسيتوس) ، بذلك أصبح فول صويا مونسانتو (راوندأب ريدى) وقد غطته اتفاقية تجويز الترخيص للغير هذه . أما قاذفة الجينات أكسيل ، التى صدرت براءتها لأجراسيتوس ، فقد رَخَّصْت باستخدامها لمؤسسات تعمل فى تطوير نباتات عبرجينية . كانت كُلْفَة إيلاج جين فى الذرة عام ١٩٩٤ ، مثلاً ، هى ٢٠ ألف دولار أمريكى للنبات ، بجانب الجُعْل . ربما كان هذا معقولاً بالنسبة لمونسانتو فى ذلك الوقت ، لكنه جَعَل التكنولوجيا بعيدة عن متناول القطاع العام وعلماء العالم النامى .

كان لإعادة التشكيل وتجويز الترخيص للغير ، أيضا ، تضمينات خطيرة بالنسبة للشركات الصغيرة ـ التى قد تُضطر إلى إغلاق أبوابها . تجرى التسويات بين الشركات عن طريق عملية « خذ وهات » وقد لا يكون لدى الشركات الصغيرة الكثيرُ لتساوم به على مائدة المفاوضات . بل لقد ارتاب بعض المعلقين فى أن الشركات الكبرى تعمل بالفعل على زيادة قوانين النباتات المهندسة وراثياً حتى تضعف الموقف التنافسى للمؤسسات الصغيرة الأكثر إبداعاً . ربما فَسَّر هذا الموقفَ المتناقضَ المبدئىٌّ لمونسانتو وغيرها من كبار اللاعبين فى منظمة الصناعات البيوتكنولوجية الأمريكية ، إذ عضدت

اقتراح وكالة حماية البيئة بأن يُعْتَبَرَ من مبيدات الآفات كلُّ المحاصيل المهندسة لمقاومة الآفات والأمراض . تعرف الشركات الكبرى للكيماويات الزراعية والبيوتكنولوجيا أنه من الصعب على الشركات الصغيرة أن تشق طريقها للدخول إلى السوق فى وجود العوائق الضخمة المصطنعة التى تنجم عن تزايد التشريعات . لا يُطلَب حتى الآن بالولايات المتحدة إلا القليل من التقييم الحكومى للموافقة على السلالات عبر الجينية - مقارنة بما هو مطلوب عند تطوير مبيد آفات جديد - وهذا أمر به تزدهر الشركات الصغرى . من مصلحة الشركات الكبرى أن يبطؤ تطوير منتجات منافسة ، لاسيما منتجات الشركات الصغيرة المبدعة التى قد تأكل جزءاً من الأسواق . والأرجح أن تفشل شركات المقاولات بسبب الروتين الحكومى والتأجيلات الطويلة والاثباتات الحقلية المكلفة ، أو أن تُباع لشركات مثل مونسانتو ، كما حدث بالفعل كثيراً . ستكون نتيجةُ هذا انخفاضَ عدد المنتجات البديلة وارتفاع السعر بالنسبة للمزارع ومصنِّعى الأغذية والمستهلكين .

يتآكل بسبب البيوتكنولوجيا الفاصلُ بين الجامعات وبين الصناعة ، بين البحث البحت والبحث التطبيقى . للتطويرات الجديدة فى التقنيات الوراثية أهمية تجارية مباشرة - مثلاً تقنيات نقل الجينات إلى نباتات الحبوب أو تقنيات كَلْونة (استنساخ) الحيوانات عبر الجينية . تسعى كلا الجهتين الآن لتسجيل البراءات فى ذات المجالات . ولقد أدى هذا إلى تزايد التعاون بين الجامعات وبين متعددات الجنسية ، وأصبح لمعظم باحثى الجامعات الآن ، فى مجال البيوتكنولوجيا ، روابط قوية بالصناعة . الوضع المستقل للبحث الجامعى الذى لا يسعى إلى الربح ، غدا موضع شك . تقلل عملية البراءات تدفق المعلومات من الجامعات بسبب الاعتبارات التجارية ، وهذا أمر سيىء بالذات بالنسبة للباحثين بالدول النامية .

اتفاقيات الترخيص بالجينات

قامت كبريات شركات الكيماويات الزراعية والبيوتكنولوجيا بصياغة اتفاقيات ترخيص licensing agreementsيلزم أن يوافق المزارع على توقيعها وأن يلتزم بما جاء بها إذا رغب فى استخدام البذور عبر الجينية للشركة . بهذه الطريقة يمكن لمتعددات الجنسية التحكم فى ممتلكاتها من الجينات . تعطى اتفاقية «جينات راونددأب ريدى » لصويا مونسانتو- التى يوقعها المزارع حتى يمكنه شراء هذا الفول ـ تعطى الشركة سلطة فريدة فى بابها ، على الطريقة التى بها يستخدم المزارع البذور ، وعلى المُدْخَلات التى تلزم لزراعتها ، وعلى حقها فى الوصول إلى المزرعة التى بها تنمو النباتات . على المزارع أن يدفع لمونسانتو « رسم تكنولوجْـيَـا» قدره ٥٠ دولاراً عن كل شيكارة من البذور تزن ٥٠ رطلاً ـ بجانب الثمن المرتفع للبذور ، وأن يعطى لمونسانتو الحق فى أن تتفقد وتفحص زراعات الصويا لمدة تصل إلى ثلاث سنوات . على المُزارع أيضاً أن يستخدم مُنْتَجَ الشركة من مبيد الأعشاب جلايفوسيت « راونددأب ريدى» ولا غيره ، فاستخدام أى ماركة أخرى من الجلايفوسيت يعتبر انتهاكاً للاتفاق . يتنازل المزارع أيضاً عن حق الاحتفاظ أو إعادة زراعة البذور ذات البراءة ، أو بيع البذور الناتجة عنها . فإذا أخل المزارع بالاتفاق ، فعليه أن يوافق على « أن يدفع لمونسانتو تعويضاً لتسوية الأضرار يساوى مائة ضعف الرسوم السارية آنئذ لجين راونددأب ريدى ، مضروباً فى عدد وحدات البذور ، بالإضافة إلى أتعاب المحاماة» ، وهذا يعنى أن المزارع قد يخاطر بفقد مزرعته إذا هو تصرف وفقاً لما كان يُعتبر حتى الآن «حقوق المزارعين» .

يعترف مفهوم حقوق المزارعين ـ الذى صادقت عليه منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة ـ يعترف بأن المزارعين قد أسهموا كثيراً فى حفظ الموارد الوراثية ، وأنه من الواجب أن يثابوا كما أُثيب مربو النبات

«بحقوق مربى النبات» . تغطى حقوق المزارعين حق المزارع على أرضه وملكيته ، وحقه فى الاحتفاظ بالبذور والمقايضة بها . لكن مونسانتو ترى أن حق المزارع فى الاحتفاظ بمحصوله من البذور والمقايضة بها إنما هو انتهاك لحقوق البراءة التى تحملها . عندما ظهرت بذور راونداب ريدى تحمس لها معظم - لا كلُّ - مربى فول الصويا الراغبين فى زيادة أرباحهم ، ووافقوا على شروط مونسانتو . زُرعت مساحات وصلت إلى ٥ أو ١٠ ملايين هكتار بالولايات المتحدة عام ١٩٩٧ . كما زُرع فول الصويا عبر الجينى هذا خارج الولايات المتحدة للمرة الأولى فى عام ١٩٩٧ - فى الأرجنتين مثلاً .

سيطبق اتفاق ترخيص راونداب ريدى أيضاً على محاصيل أخرى هُندست بجينات راونداب ريدى ، من بينها الكانولا والذرة وبنجر السكر - وإن كانت تفاصيل الاتفاق ستتباين ما بين المحاصيل المختلفة . قالت مونسانتو إن اتفاقية الترخيص لعام ١٩٩٧ مع مزارعى صويا راونداب ريدى قد حملت عدداً من الشروط أقل مما يوجد فى اتفاقية ١٩٩٦ - وأن ذلك قد تم استجابة لمطالب المزارعين .

أفول الشركات المستقلة للبذور

فى ثمانينيات هذا القرن وتسعينياته قامت الشركات متعددة الجنسية بتجديد تنظيمها وبالاندماج سويا من أجل استغلال إمكانات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية ، لتضع ، فى كثير من الحالات ، تحت نفس السقف شركاتِ الكيماوياتِ الزراعية وشركاتِ البذور وشركاتِ العقاقير الطبية . كانت صناعة البذور يوماً قطاعاً مميَّزاً له مؤسساته الخاصة . على أن الكثير من شركات البذور قد دُفعَت فى السبعينات إلى الاندماج حتى لا تغلق أبوابها . فعلى سبيل المثال ، سنجد أن عدداً من مؤسسات البذور البريطانية - من بينها شركة صاطون Sutton وشركة كاثبيرت Cuthbert - قد أصبحت الآن جزءاً من مجموعة الفلاحة الفرنسية فيلمورين - أندرييه Vilmorin Andrieux .

وشركة بيونير هاى – بريد Pioneer Hi_Bredشركة بذور كبيرة متخصصة ، وتمتلك حصة من أكبر حصص سوق مبيعات البذور فى العالم - لكنها تعتبر الاستثناء . تتم معظم مبيعات البذور من خلال الشركات الكبرى متعددة الجنسية للكيماويات الزراعية ، التى ابتاعت فى زمن قصير شركات البذور ، لتسيطر على الأرجح - قريباً - على معظم السوق .

والتحكم فى البذور هو المفتاح إلى الاستغلال المربح للتحسين الوراثى فى نباتات المحاصيل . فعلى سبيل المثال مضت مونسانتو ولعدد من السنين تشترى شركات البذور - وكان من بينها هارتس Hartzوديكالب Dekalbوهايبريد هويت بروجرام Hybrid Wheat Program . وفى يناير ١٩٩٧ اشترت مونسانتو شركة هولدين فاونديشن سيدز Holden 's Foundation Seeds . تنتج شركة هولدين هذه النباتاتِ المُرَبَّاةَ داخلياً ، أو بذور الآباء ، التى تستخدمها شركات التجزئة لإنتاج البذرة الهجين التى تباع للمزارعين . يحمل أكثر من ٣٥ %من الذرة التى تزرع بالولايات المتحدة مادة وراثية طورتها هولدين ، وهذا يعطى مونسانتو مكاناً ممتازاً ، منه تعزز وتُسَوِّق ما تملكه من جينات مثل جينات بى تى ييلدجارد YieldGardفى الذرة ، وراوندأب ريدى .

للشركاتِ متعددة الجنسية أن تطلب جُعْلاً على البذور المحورة وراثياً ، ولها أن تبدأ فى تسويقها باعتبارها أفضل من سلالات البذور الأقدم والأرسخ . ولقد تتزايد أمام المزارعين صعوبة الحصول على البذورالبلدية من كبار مُوَرِّدى البذور . أضف إلى ذلك أن قانون تجارة البذور فى أوروبا يحرم زراعة وبيع البذور غير المرخصة الناتجة عن السلالات البلدية . ولما كانت قبضة كبرى الشركات الزراعية متعددة الجنسية تتحكم الآن فى شركات البذور ، فإن النقاد يخشون أن تتمكن هذه الشركات من التدخل بشكل مؤثر غير مشروع فى نُظُم ترخيص البذور فى أوروبا وفى غيرها من دول العالم . وقد ينجم

عن ذلك تحيز محتمل يحابى السلالات التجارية عبر الجينية التى تتمتع بحماية البراءات . ثارت مقاومة سكان الريف من صغار المزارعين والبستانيين للحفاظ على سلالات المحاصيل الزراعية غير المرخصة . كان الكثير من هذه سلالات تجاريةً ، لكن شركات البذور رأت أنها لا ترغب فى توزيعها . أُسْقِطَ الآن من قوائم البذور عددٌ هائل من السلالات بعد أن بيعت الشركات العائلية الصغيرة . للبعض من هذه السلالات خصائص مطلوبة للمحاصيل عبر الجينية - بطء النضج مثلاً فى الطماطم .

ثمة جمعية تسمى جمعية هنرى ضابلداى للبحوث The Henry Dou-bleday Research Association(ج هـ ض ب) تدير الآن مكتبة «تراثنا من البذور» ، للحفاظ على الأصول الوراثية المحلية للخضراوات البريطانية . وفى تقديرها أننا قد فقدنا منذ السبعينات الآلافَ من أصناف الخضراوات البريطانية . وهذا اتجاه يتكرر فى الكثير من الدول الصناعية . لا تستطيع ج هـ ض ب قانوناً أن تبيع ما فى مكتبتها من بذور ، فمثل هذه البذور لا تقع بالقائمة القومية لسلالات الخضراوات ، لكن أعضاء الجمعية قد أنشأوا نظاماً لهم يمكِّنهم من الوصول إلى أصناف البذور هذه . وهذه الجمعية هى واحدة من مجاميع الضغط المنتشرة بالعالم والتى تقوم بحملات لحماية التنوع الحيوى للخضراوات ضد ما يرون أنه يحدث عن تصنيع الزراعة من تَحاتّ للتنوع الحيوى .

الجات والماى (اتفاقية الاستثمار متعددة الأطراف) : التجارة الحرة والحقوق الكرضيَّة لمتعددات الجنسية

ظهرت الاتفاقية العامة للتعريفات والتجارة (الجات GATT) عام ١٩٤٨ ، كتدبير مؤقت ، كمبادرة من الولايات المتحدة التى رأت فى « التجارة الحرة »

ركنا من أركان نظام ما بعد الحرب . كان الهدف الرئيسى لدورات الجات السبع التى عقدت حتى عام ١٩٨٦ هو إجراء « تخفيض جوهرى فى التعريفات وغيرها من معوقات التجارة » . وفى سبتمبر ١٩٨٦ بدأت الدورة الثامنة ، أو دورة أوروجواى ، لتمتد المفاوضات لأول مرة فتشمل الكثير من القضايا التى تخرج عن نطاق القضايا التقليدية للجمارك والتعريفات ، وكان من بين القضايا الجديدة موضوع التطويرات التكنولوجية .

فى دورة أوروجواى هذه مُدَّت إلى المستوى الكُرَضى قضية إصدار البراءات لصور الحياة باستخدام مفهوم « حقوق الملكية الفكرية » - أصبح صاحب البراءة هو المالك المعترف به عالمياً لصور الحياة الجديدة ، وأصبح لبراءته الحماية الكاملة لمدة عشرين عاماً . مَنَح هذا الشركاتِ متعددةَ الجنسية التى تحمل براءاتٍ بذورٍ عبرجينية ، منحها الحقوقَ المانعةَ لَاستعمال تلك البذور فى العالم بأَسره . غدت قوانين البراءات الوطنية فى العالم ثانوية بالنسبة لقوانين البراءات فى الدول التى مَنَحَتْ البراءات للشركات متعددة الجنسية . أضافت هذه التغييرات فى الجات إلى الموجود فعلاً من العوائق العديدة التى أقامتها الدول الصناعية أمام دول العالم الثالث . لم يكن العالم النامى مُنَظَّماً بما يكفى للدَّهْلَزة lobbyingداخل الجات ، ولذا كان اشتراكه محدوداً فى وضع مسودة الصيغة النهائية ، فى الوقت الذى عززت فيه الولايات المتحدة قدرتها على أن تفرض بالقوة حقوق الملكية الفكرية داخل التجارة الدولية . فإذا ما عارضت دولة تشريع الجات خاطرت بتعرضها للعقاب التجارى ، ليس فقط بالنسبة للسلعة أو الخدمة محل النزاع ، وإنما بالنسبة للسلع جميعاً . أبرز نُقَّاد الجات أن الاتفاقية تحابى الشركات متعددة الجنسية . أصبحت الجات فى منظور العالم الثالث ، بكل ما يرتبط بها من تهديدات العقاب التجارى ، أصبحت الوسيلة الجديدة التى بها تحتفظ الدول الصناعية بالسيطرة على اقتصاديات العالم فى عصر ما بعد الاستعمار .

فى يناير ١٩٩٤ بدأ إعمال اتفاقية التجارة الحرة لشمال أمريكا (النافتا -NAF-TA) ، لتزيل حواجز التجارة ما بين كندا والولايات المتحدة والمكسيك . قدمت هذه الاتفاقية نموذجاً لما تكون عليه الاتفاقيات متعددة الأطراف فى المستقبل . ولقد قادت نفس دورة أوروجواى إلى تشكيل منظمة التجارة العالمية (م ت ع WTO) ، وريثة الجات . أنشئت م ت ع فى أول يناير ١٩٩٥ لتكون القاعدة القانونية والمؤسسية لنظام التجارة متعددة الأطراف ، أنشئت لتكون بمثابة منتدى تتطور فيه العلاقات التجارية بين الدول من خلال الجدل الجماعى والتفاوض وإقرار الأحكام . وَقَّعت ١٠٣ دولة على قرارات التجارة الدولية لهذه المنظمة ، وتتعرض للجزاءات العقابية كل دولة تتجاهل قصداً أحكامها . وتطبيق اتفاقيات التجارة الحرة ، على وجه العموم ، أكثر صرامة من تطبيق قرارات الجات .

قامت الولايات المتحدة بالفعل بالدفاع عن مصالحها تحت م ت ع . طلبت حكومة الولايات المتحدة ، نيابة عن مونسانتو ، أن تعلن م ت ع أن الحظر الأوروبى على السوماتوتروبين البقرى المهندس وراثياً هو حظر غير قانونى . تعتزم حكومة الولايات المتحدة أن تستخدم م ت ع فى إعلان أن أى حظر على الأغذية المحورة وراثياً المصدَّرة من الولايات المتحدة ـ إذا كان لها نفس تركيب الأغذية غير المحورة ـ إنما هو حظر مخالف للقانون . فى يونيو ١٩٩٧ استخدمت حكومة الولايات المتحدة م ت ع لتُصِرَّ على أن تقوم الهند بتعديل قوانين البراءات بها ، بل لقد هددت بأنها لن تجدد اتفاقية العلوم والتكنولوجيا مع الهند ـ وهو ما قد يوقف تمويل ١٣٠ مشروعاً . لا تسمح قوانين البراءات بالهند ـ التى أجيزت عام ١٩٧٠ ـ بإصدار البراءات فى قطاعى الغذاء والأدوية . ولقد سبق أن أبطلت الهند براءة لأجراسيتوس تسرى على النوع كله ـ كما ذكرنا ـ مستخدمة قوانينها الوطنية للبراءات . وبعد أن انضمت الهند عام ١٩٩٥ لمنظمة التجارة العالمية قدمت الحكومة مشروع قانون يتفق مع ارشادات الملكية

الفكرية ، فاعترض عليه مجلس الشيوخ . قال المجلس إن البراءات ستجعل ثمن الأدوية الأساسية أكبر مما يتحمله الفقراء ، كما ستسمح لشركات البذور بأن تجعل الزراعة مكلفة جداً بالنسبة لمزارعى الكفاف . لكن مجلس تسوية المنازعات بالمنظمة حَكَمَ ضد الهند ، الأمر الذى يعنى أن لأىٍّ من أعضاء م ت ع أن يتخذ إجراء انتقامياً ضدها ، بما يحمله ذلك من نتائج فاجعة لصادراتها . وتحت هذا الضغط الرهيب تم تعديل قوانين البراءات الهندى .

حابى تكريضُ التجارة العالمية الشركاتِ متعددة الجنسية ، ولقد تعززت قوتها المتزايدة خلال سلسلة من المفاوضات عُقِدت فى باريس عام ١٩٩٧ : اتفاقية الاستثمار متعددة الأطراف (الماى MAI) . فى البداية اقترح الاتحاد الأوروبى أن تُطَوَّر معاهدة استثمار كُرضية داخل م ت ع ، لكن الولايات المتحدة خشيت أن يتسبب حضور دول العالم الثالث فى تمييع الإجماع على الاستثمار ، وعلى هذا قادت الولايات المتحدة المفاوضات داخل منتدى آخر : منظمة التعاون الاقتصادى والإنماء (م ت إ إ OECD) حيث يمكن التوصل إلى اتفاق بين التسعة والعشرين دولة صناعية الأعضاء . تهدف الماى إلى وضع مجموعة من القواعد الكرضية للاستثمار تمنح متعددات الجنسية حقوقاً غير مقيدة وحرياتٍ لشراء وبيع وتحريك عملياتها حيثما تريد وعندما تريد حول العالم ، متحررة من تدخل الحكومات أو القوانين . وعلى سبيل المثال ستُقَيِّدُ وبشدة قدرة الحكومات على استعمال سياسة الاستثمار كوسيلة لتحقيق أهدافها الاجتماعية والاقتصادية والبيئية . سيصبح على الحكومات أن تعامل الشركات متعددة الجنسية بشكل « لا يقل تفضيلاً» عن الشركات القومية . لن يكون على هذه الشركات متعددة الجنسية تحت الماى أية التزامات إضافية أو مسئوليات تجاه الدول التى تعمل بها . توجد مقرات أكثر من ٩٥ %من الشركات الكبرى متعددة الجنسية فى دول منظمة التعاون الاقتصادى والإنماء . أما الدول خارج هذه المنظمة فسيكون لها حق الموافقة على توقيع الاتفاقية عندما تنتهى

المفاوضات . ستُمنح الشركات متعددة الجنسية فى هذا الدستور الكرضى الجديد حقوقاً سياسية معزَّزة وسلطةً وأماناً ، يخشى النقاد من أنها عملياً سترقى إلى ما يعادل حكم الشركات للعالم .

حقوق الملكية الفكرية والموارد الوراثية للعالم الثالث

تُسهم أفقر دول العالم بنسبة تبلغ ٩٥,٧ %من المواد الوراثية للعالم . من بين الأمور التقليدية للفلاحة أن يحتفظ المزارع بجانبٍ من بذور المحصول الناتج فى عام يزرعها فى العام الذى يليه ، فيوفر بذلك ثمن شراء البذور . وهذه الممارسة فى حد ذاتها تعتبر انتخاباً مستمراً لزيادة المحصول ولمقاومة الآفات والأمراض . فإذا ما استخدم الفلاح بذوراً محورة وراثياً كان عليه أن يدفع جُعلاً للشركة حاملة البراءة . يدفع الفلاحون تحت أحكام الجات و م ت ع مبالغ سخية للشركات متعددة الجنسية إذا هم احتفظوا بالبذور لزراعتها العام التالى ، حتى لو كان المحصول من المحاصيل المحلية فى بلادهم ، أما بالنسبة للبذور الهجينة فإنهم لا يستطيعون ، من أصله ، أن يعيدوا زراعتها بنجاح ، ويلزم شراؤها فى كل موسم . لدى الشركات متعددة الجنسية إذن أسباب اقتصادية قوية لتشجيع إنتاج البذور عبر الجينية ، ذات البراءة ، لمحاصيل الغذاء الرئيسية على حساب غيرها من البذور .

تقول الشواهد إن الشركات تعتزم أن تفرض بالقوة أحكام البراءات تحت م ت ع . سيضع هذا عبء الإثبات على الفلاحين إذا ما ثار نزاع بينهم وبين الشركات ، ولقد تَمْنَعُ نفقاتُ القضية الغالبيةَ العظمى من المزارعين من الاعتراض . وكما رأينا ، فقد رتبت مونسانتو الأمر بالنسبة لبذور صويا راونداب ريدى ، فى الولايات المتحدة ، بحيث يمكنها ـ بجانب أشياء أخرى ـ أن تتحقق من أن المزارعين لا يحتفظون ببذور محصولِ عام لإعادة زراعته فى العام التالى . للشركة فريق من «مراقبى الحقول» مهمته التأكد من إذعان المزارعين لشروط اتفاقية الترخيص .

تُحِد اتفاقيات التجارة وقوانين إصدار البراءات من الإستخدام التقليدى للنباتات فى العالم الثالث . استخدمت شجرة النيم neem (*Azadirachta indica*) لقرون طويلة فى الهند كمصدر للمبيدات الحشرية - بجانب استخدامات أخرى عديدة تقليدية . تُزرع أشجار النيم على جوانب الحقول ، حيث يُصنع المبيد الطبيعى فى الموقع بجرش البذور ونقعها فى الماء ثم غَرْف المستحلب من أعلى . وهى توفر صورةً لحماية المحاصيل اقتصاديةً وصديقةً للبيئة . تعمل المادة الفعالة - الأزاديراختين azadirachtin- كمادة منفرة وطاردة للعديد من الآفات الحشرية . لا تحمى قوانين البراءات الوطنية هذه الطرق التقليدية للاستخلاص ، ولا الطرق الحديثة التى طورها العلماء الهنود . حصلت بعض شركات الكيماويات بالولايات المتحدة على سلسلة من البراءات لوصفات لإنتاج مستحلبات ومحاليل ثابتة أساسها النيم . يسمح ثبات هذه المنتوجات بتخزينها وتسويقها . حصلت شركة و .ر . جريس W.R. Grace مثلاً على براءة صورة من الأزاديراختين المُسْتَخْلَص من بذور النيم تباع تحت الاسم التجارى « مارجوسان - أو » Margosan_O . تؤكد الشركات أن هذه المنتجات تختلف فى التركيب عن المنتج الأصلى الطبيعى بما يسمح بإصدار براءات لها . اتهم النقاد الشركات الأمريكية للكيماويات « بالقرصنة الفكرية » . اشترك الفلاحون الهنود فى احتجاجات عارمة ضد مَدّ البراءات فى الجات ، بينما ذكر فاندانا شيفا - مدير جماعة الضغط الهندية المسماة « مؤسسة البحوث العلمية والإيكولوجية » - «أن الجِدّة إنما توجد أساساً هناك فى جهل الغرب» .

تبدو أحكام الجات بشأن الملكية الفكرية متناقضة مع القرارات التى اتخذها مؤتمر قمة الأرض الذى عُقد فى ريو عام ١٩٩٢ ، والتى أجازتها بعد ذلك أيضاً اتفاقية الأمم المتحدة للتنوع البيولوجى فى بوينس أيريس عام ١٩٩٦ ، إذ تقول هذه بضرورة أن تُدفع بعض العوائد المالية للدول التى نشأت بها الموارد الوراثية . حُدِّد عدد من مراكز تنوع المحاصيل يقابل المناطق التى دُجِّنت فيها هذه المحاصيل لأول مرة . تضم هذه المناطق جنوب ووسط أمريكا (مثلاً : الأفوكادو ، الفاصوليا ،

القطن ، الذرة ، الفول السودانى ، البطاطس ، الفلفل الأحمر ، الطباق ، الطماطم) وشمال شرقى أفريقيا (مثلاً : الموز ، الشعير ، البن ، البصل ، اللوبيا ، نخيل البلح ، اليام ، القطن المصرى ، القمح ، العدس) وأواسط آسيا (مثلاً : اللوز ، التفاح ، الفول ، الجزر ، الحمص ، البصل ، البسلة ، القمح ، القوم) والصين (الشاى ، الدخن ، الشوفان ، البرتقال ، الخوخ ، الرواند rhubarb ، فول الصويا ، قصب السكر) . سنجد مثلاً أن كل الأصناف التجارية من فول الصويا المزروعة تجاريا بالولايات المتحدة قد جاءت عن قدر محدود من المادة الوراثية وصلت فى ستة إدخالات introductionsلا أكثر من هذا النبات من منطقة واحدة بالصين . الواضح إذن أن معظم محاصيل الغذاء الرئيسية قد نشأت خارج دول الغرب . ثمة تقرير مَوَّلته هيئة المعونة المسيحية يقول إن القرصنة البيولوجية تسلب من الدول النامية أربعة بلايين ونصف بليون دولار فى العام .

تحمل بنوك الجينات والحدائق النباتية بالدول المتقدمة قدراً كبيراً من الموارد الوراثية من العالم النامى . تجادل الشركات الغربية بأن الواجب أن تُستثنى موارد البذور هذه من اتفاقية الأمم المتحدة للتنوع البيولوجى ، التى تنص على ضرورة أن يكون للدول التى تُكْتشف بها النباتات نصيبٌ من العوائد التى تجنيها الشركات منها . على أن بند المشاركة فى الأرباح لا ينطبق إلا على عينات النبات المأخوذة من البرية بعد يوم ٢٩ ديسمبر سنة ١٩٩٣ .

يُقَدَّر أن الحدائق النباتية تحتوى على ما يصل إلى نصف نباتات العالم ، ومعظم هذه الحدائق موجود بالدول الصناعية . حاولت شركات الأدوية مع الحدائق النباتية ، وقامت بشراء بعض النباتات النادرة للالتفاف حول اتفاقية التنوع البيولوجى مستخدمة ثغرة بداية التنفيذ (فى نهاية عام ١٩٩٣) . كانت أولى الحالات هى عقداً مقترحاً بين شركة فايتيرا Phyteraللأدوية (ومقرها الولايات المتحدة) وحديقة النخيل فى فرانكفورت بألمانيا . فى دراسة استطلاعية قامت بها المؤسسة الدولية لتقدم الريف تأكد أن شركات

الأدوية قد اتصلت بكل الحدائق النباتية التى قامت بالرد على الاستطلاع .
من بين الأسباب الرئيسية لنجاح شركات الأدوية فى الحصول على هذه الموارد النباتية أن الكثير من الحدائق النباتية بالدول الصناعية تواجه الآن تخفيضاً كبيراً فى ميزانيتها وتحتاج العون المالى الذى تقدمه هذه الشركات .

لكن البعض من كُبريات الحدائق النباتية تبذل الآن محاولات ذات شأن لتضمن ألاّ تُستغل مواردها النباتية إلا لمصلحة الدول المتقدمة والدول النامية كليهما . شرعت الحدائق الملكية فى كيو ، ببريطانيا ، فى إنشاء بنك بذور جديد للألفية القادمة ، سيوسّع من مجموعتها العالمية الضخمة فعلاً من البذور ، والهدف هو استيعاب كل الحياة النباتية لبريطانيا بجانب ١٠ %من فلورا المناطق الجافة وشبه الجافة بالعالم . قامت اللوتريا القومية البريطانية بتمويل هذا المشروع بمبلغ ٢١,٥ مليون جنيه استرلينى . قدمت كيو تأكيداتها بأنها ستفحص جيداً كل طلبات شركات الأدوية لتضمن أن تتحول الفوائد أيضاً إلى « معاونينا بالجنوب» .

فى نفس الوقت استمر «صائدو الجينات » gene huntersالعاملون لحساب الشركات متعددة الجنسية ينقبون بحثاً عن الموارد الوراثية داخل مناطق التنوع البيولوجى الثرى ، مثل الغابات الاستوائية المطيرة . قام كاليستوس جوما بوصف المدى الذى مضى إليه هذا التنقيب ، وحاول أن يبرهن على أن استغلال الموارد الوراثية قد أصبح أَمْرَ أمنٍ قومى وإقليمى . تَسْتخدم متعددات الجنسية فرقاً من المحامين مرتفعى الأجر لتسهيل عملية الحصول على البراءات ، فى الوقت الذى يتعذر فيه على الدول النامية أن تثبت أن الجينات المعنية هى فى الأصل من مواردها الوراثية المحلية . والأرجح أن سيصيب تطبيق بند اتفاقية التنوع البيولوجىٍّ الذى يقضى بأن تستفيد الدول النامية من تطوير الموارد الوراثية . يصعب اقتفاء أثر المادة الوراثية ، وهى مما يمكن تخزينه لسنين طويلة . على أن الدول النامية قد بدأت تقيم العوائق القانونية فى محاولةٍ لحماية تنوعها الوراثى . فقد منعت إثيوبيا مثلاً ـ وهى

بلاد ثرية فى أنواع البن والحبوب ـ منعت تصدير البذور . ولقد يُقَيَّد قريباً التنقيب عن المواد النباتية فى الكثير من الدول النامية بإحكام القوانين .

ولقد يصل الأمر إلى الحد الذى تفقد فيه الدول النامية جزءاً كبيراً من دخلها من النقد الأجنبى عندما تقوم الدول المتقدمة بزراعة محاصيلها النقدية الرئيسية بعد معاملتها بتقنيات الهندسة الوراثية وزراعة الأنسجة . تُهَدَّد الدول المنتجة لزيت جوز الهند بمحاصيل الكانولا المهندسة وراثياً ذات المحتوى العالى من حمض اللوريك الدهنى ، وسيكون على الدول المنتجة للفانيليا والكاكاو والبيرثروم أن تتنافس قريباً مع البدائل الناتجة عن البيوتكنولوجيا (انظر الفصل الثالث عشر) .

فى حديثه أمام مؤتمر الأمم المتحدة للغذاء المنعقد فى نوفمبر ١٩٩٦ ؛ تَخَوَّف اسماعيل سراج الدين ، رئيس الجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية ، تَخَوَّف من أن براءات البيوتكنولوجيا قد تخلق « تمييزاً عنصرياً علمياً» يحرم ٨٠ %من البشر فى العالم النامى من التقدم العلمى ، ذاك أن حقوق البراءات سيستمر توسيعها ، وستتمكن الشركات متعددة الجنسية من براءات تغطى أى تحوير فى محاصيل الغذاء الرئيسية . سيبطؤ تدفق التكنولوجيا والمعلومات والمواد الوراثية إلى العالم النامى مع براءات البيوتكنولوجيا . وهذا يختلف عن الوضع تحت « حقوق مربى النبات » ، التى فيها يتم تبادل المواد والمعلومات لمصلحة دول العالم الثالث . فى نفس الوقت تُسْتَبْعد من اعتبارات حقوق الملكية الفكرية المعارف الهائلة ، عن الموارد الوراثية ، التى تحتفظ بها الشعوب فى الدول النامية . يبدو أن الدول التى تسيطر على البيوتكنولوجيا هى التى ستحدد مستقبل الزراعة فى العالم .

الفصل الحادى عشر

قوانين الكائنات المحوَّرة وراثياً وقوانين المنتجات الغذائية

هناك مَنْ يعتبر تطبيق الهندسة الوراثية فى الزراعة مجرد توسيع لتقنيات معروفة للتربية يمكن استيعابها داخل الإطار التنظيمى الموجود . من ناحية أخرى هناك مَنْ يعتبرون الهندسة الوراثية شيئاً يختلف جذرياً عن التقنيات التى كانت تُستخدم قبلاً ، ويرون ضرورة أن تُعامَل معاملة منفصلة تحتاج فيها إلى إجراءات إضافية لتقدير المخاطر وإلى قوانين أكثر صرامة . يميل المُشَرِّعون إلى توفيق الهندسة الوراثية داخل التشريعات الموجودة ، حيثما أمكن . لم تعامل التحويرات الوراثية كحالات خاصة إلا تحت ظروف خاصة - مثلاً عندما تَنْتُج عنها تغييرات جوهرية فى تركيب الغذاء . أما إمكانية تحريك الجينات بين الكائنات أثناء إنتاج الطعام فيرى فيها الكثير من المستهلكين موضوعاً جد خطير ، ومن ثم يطلبون التأكد من أن يُطَبَّق من التشريعات ما يكفى لحماية مصالحهم .

تتشابه فى الدول الصناعية ، وبصورة مجملة ، الأُطُر التنظيمية لمراقبة الطروح التجريبية من الكائنات المحورة وراثياً وتطويرها وتسويقها . فى عام ١٩٨٦ نشرت منظمة التعاون الاقتصادى والإنماء (م ت إ إ OECD) - وهذه محكمة مهمتها توفيق التشريعات ما بين الحكومات - نشرت توصياتها بشأن أمان الدنا المُطَعَّم . رأت م ت إ إ أن وضع إطار عام إنما يمثل خطوة هامة لزيادة فوائد البيوتكنولوجيا كُرْضِيا ، يضمن أن يُدفع لكل طرف ما يستحقه . لم تكن هذه التوصيات ملزمة لأى من الدول الأعضاء ، لكنها أَثَّرت فى

قوانين الكثير من هذه الدول ـ الولايات المتحدة مثلاً وألمانيا وهولنده واليابان .
وفى عام ١٩٨٨ نشرت المفوضية الأوروبية ECأيضاً إطاراً لتنظيم البيوتكنولوجيا داخل الاتحاد الأوروبى لمعاونة الدول الأعضاء فى التوفيق ما بين تشريعاتها . وقد قاد هذا إلى الأمر التوجيهى ٩٠/٢٢٠/ EEC بشأن الطروح الطوعية للكائنات المحورة وراثياً فى البيئة .

على أن الكثير من الدول النامية يفتقر إلى إطار تنظيمى فعال للهندسة الوراثية ، ومن ثم فقد يُستغل هذا من قِبَل الشركات متعددة الجنسية فى تطوير أو تسويق أغذيةٍ محورة وراثياً تقيدها لسبب أو لآخر اللوائحُ فى الدول الصناعية (انظر الفصل الرابع عشر) .

الإطار التنظيمى بالولايات المتحدة

تنظم شئون الكائنات المحورة وراثياً بالولايات المتحدة من خلال عدد من الأجهزة تعمل متعاضدةً : وزارة الزراعة الأمريكية (وزأ USDA) ومصلحة الغذاء والدواء (م غ د FDA) ووكالة حماية البيئة (و ح ب EPA) والوزارات داخل آحاد الولايات .

فوزارة الزراعة هى المسئولة عن تنظيم أمور النباتات والحيوانات عبر الجينية المستخدمة فى إنتاج الطعام . نشأت هذه الوزارة عام ١٨٦٢ عن لجنة البراءات وكانت مهمتها الأصلية هى توزيع النباتات والبذور على المزارعين . تختص هذه الوزارة الآن بتنظيم ما يتعلق بنباتات الغذاء من خلال قسم مراقبة صحة الحيوان والنبات (آفيس APHIS) . تشرف آفيس على تطبيق القانون الفيدرالى لآفات النبات الذى يجيز تنظيم الحركة بين الولايات والاستيراد والاختبارات الحقلية «للكائنات المحورة أو الناتجة عن الهندسة الوراثية إذا كانت آفات نباتية ، أو كان ثمة سبب للاعتقاد بأنها آفات نباتية » . وتطبيق مصطلح «آفة نباتية» على كائن محور وراثياً إنما يعنى أنه لم يتأكد بعد أنه

«ليس بأفة» . تُصدر آفيس تصاريح لمن يرغب من الشركات أو المؤسسات أو الأفراد فى نقل نباتات محورة وراثياً أو اختبارها حقلياً . على الطالب أن يملأ استئمارة مُفَصَّلة (استئمارة آفيس رقم ٢٠٠٠) يصف فيها بالتفصيل المواد المطلوب نقلها أو اختبارها حقلياً . ترسل هذه الاستئمارات بعد استيفائها إلى وحدة تصاريح البيوتكنولوجيا التابعة لآفيس . فإذا كان بالطلب أجزاء تحتوى على أسرار تجارية أو معلومات سرية ، فعلى الطالب أن يقدم نسختين ، واحدة تحمل المعلومات السرية والأخرى لا تحملها . ترسل النسخة الأخيرة إلى المسئولين خارج آفيس لتقييم المعلومات ـ مثلاً إلى وزارات الزراعة فى الولايات المعنيَّة .

تصدر تصاريح آفيس للنقل والاستيراد ، أو تُرْفَض ، خلال ٦٠ يوماً من تاريخ استلام الطلب . تقوم آفيس بتقدير أوّلىٍّ للمخاطر يرتكز على المعلومات الخاصة بالكائن واستخداماته المقصودة ، ثم تتصل بوزارات الزراعة فى الولاية أو الولايات المعنية . يشترك المسئولون فى الولايات مع آفيس فى تسهيلات الفحص والأمان واجراءات التشغيل . فإذا أُجيز التصريح ، أصبح سارياً لمدة عام من تاريخ صدوره .

أما تصاريح آفيس للطرح فى البيئة فتصدر عادة ، أو تُرْفَض ، فى غضون ١٢٠ يوماً . تشترك آفيس مع وزارات الزراعة بالولايات فى وضع تقرير عن المُقْتَرَح يَضُم تقييما بيئياً . تتطلب الاستئمارة ٢٠٠٠ معلومات أكثر عند التقدم بطلب تصريح باختبارٍ حقلىٍّ لكائن محور وراثياً ، أو بطرحه فى البيئة . يلزم أن يُقَدِّم الطالب تفاصيل هذا الكائن ، والجينات التى نُقلت إليه ومنتجاتها ، وسبب الطرح ، والتصميم التجريبى ، والاحتياطات التى يلزم اتخاذها لمنع أى تسرب غير مقصود . قد تتضمن الاحتياطات الخاصة للنقل والاختبار : حاوياتٍ مغلقةً للنقل إلى الموقع الحقلى ، وأقفاصاً حقلية تمنع

تسرب حبوب اللقاح ، وتكييسَ النباتات bagging لمنع التلقيح الخلطى بينها فإذا صدر التصريح قام موظفو آفيس بمعاينة موقع الحقل قبل الطرح التجريبى ، وفى أثنائه ، ومن بعده . تُرَاقَبُ المواقع الحقلية لفترة عام بعد الطرح التجريبى لإعدام أية نباتات قد تكون موجودة .

والحصول على تصريح بالطرح الحقلى عملية طويلة . على أن آفيس قد قدمت عام ١٩٩٣ بديلين لإسراع الاجراءات بالنسبة لمحاصيل معينة وأوضاع خاصة . أما البديل الأول فهو « طريقة الإخطار » Notification ، وهو يجعل إجراءات التصريح سَلِسَة بالنسبة لستة محاصيل محورة وراثياً : الذرة ، فول الصويا ، القطن ، البطاطس ، الطماطم ، الطباق . لهذه المحاصيل تاريخ بالولايات المتحدة يشهد بأمان الطرح فى الاختبارات الحقلية . أما غير هذه من المحاصيل فَيُنْظَر فى أمر إدخاله فى طريقة الإخطار حالةً حالة . يُخْطِر المتقدمون آفيس بما يطلبون نقله قبل النقل بعشرة أيام على الأقل وقبل الطرح التجريبى بثلاثين يوماً على الأقل . فإذا رأت آفيس أن الطلب لا يفى بشروط طريقة الإخطار أحاله إلى لجان التصاريح المعتادة . فى مايو ١٩٩٧ أعلنت آفيس أن طريقة الإخطار ستمتد قريباً إلى كل أنواع المحاصيل الشائعة أما البديل الثانى فهو « طريقة الالتماس » Petition التى تسمح لمن يشاء أن يطلب كتابةً إخراج نبات ما من قائمة النباتات الآفة . فإذا ووفق على الطلب أُعفيت سلالة النبات من القانون الفيدرالى لآفات النبات ، ويمكن بعدئذ أن ينقل ويزرع دون الحاجة إلى تصريح من آفيس . لابد أن يحتوى الالتماس على تفاصيل وراثة المادة المنقولة وأصلها ، كما يلزم أن يحتوى على تقييم للآثار السلبية المحتملة على البيئة التى قد تنشأ نتيجةً لطرح النبات . تُنْشَر كل الالتماسات فى دفاتر القيد الفيدرالية ، ولمن يشاء من الجمهور أن يعلِّق فى ظرف ستين يوماً بالموافقة على الالتماس أو رفضه ، بينما يسمح لآفيس بفترة تصل إلى ١٨٠ يوماً للموافقة أو الرفض .

إذا نجحت الاختبارات الحقلية وجب أن يُكتب التماس إلى وزارة الزراعة للإعفاء قبل أن يُسمح بالتسويق التجارى للمحصول المهندس وراثياً . يتطلب هذا الالتماس معلومات إضافية عن الاختبار الحقلى ، منها معلومات الأمان البيئى للمُنْتَج .

لوزارة الزراعة فى كل ولاية سلطة تحديد المُنْتَج الذى يُسمح بتسويقه فى الولاية ، وقد يمتد هذا إلى المنتجات المحورة وراثياً ، كما حدث عندما أعلنت ولايتا ويسكونسين ومينسوتا وَقْفَ تسويق السوماتوتروبين البقرى المُطَعَّم فى أوائل التسعينات . للولايات الحق فى مراقبة الكائنات المحورة وراثياً ، وتتباين طرق التنفيذ ما بين الولايات . يحظى البعض من الولايات بعدد أكبر من طلبات الطرح الحقلى - مثل ولاية أيوا التى تتميز بالتربة الخصبة النموذجية لزراعة الكثير من المحاصيل عبر الجينية الشائعة . وضعت أيوا والبعض غيرها من الولايات إجراءات فحص رسمية للتعامل مع النباتات المحورة وراثياً ، ولجاناً استشارية أعضاؤها من جامعات الولاية ومعاهدها . تتلقى الولايات من وزأ - آفيس طلبات الحصول على التصاريح ، فتفحصها وتعيدها .

تُنَظِّم الأقسام - فى وزارة الزراعة الأمريكية ومصلحة الغذاء والدواء (م غ د)- منتجات الصحة الحيوانية والبشرية ، ومن بينها ما ينتج عن المنابلة الوراثية . تقع على كاهل م غ د المسئولية الأولى فى تنظيم الإضافات الغذائية والأطعمة الجديدة ، وإن كانت اللحوم والدواجن من صلاحيات وزارة الزراعة . لمصلحة الغذاء والدواء - تحت القانون الفيدرالى للغذاء والدواء ومستحضرات التجميل - أن تزيل من الأسواق ما تراه غير مأمون من الأطعمة . وهذا القانون يجعل المنتجين مسئولين عن أمان الأطعمة التى يسوقونها وجودتها .

فى مايو ١٩٩٢ اتخذت م غ د قراراً بمقتضاه تُعتبر الأغذيةُ الناتجة عن

سلالات النباتات عبر الجينية الجديدة ، معادلةً للأطعمة الناتجة عن الطرق التقليدية ، إلا فى حالات خاصة . ذكرت م غ د عدداً من الحالات يلزم فيها أن تُجرى تقديرات الأمان ، منها وجود بروتينات عُرِف بأنها تسبب الحساسية ، ووجود تغييرات فى التركيب الغذائى ، ووجود جينات واسمات تشفر لمضادات حيوية . وعلى هذا ، فإن سياسة م غ د لا تتطلب إجراء فحص الأمان إذا كانت المنتجات الغذائية هى نفس تلك الناتجة عن المحاصيل غير المحورة .

تختص وكالة حماية البيئة (و ح ب) بشئون تنظيم الكائنات المحورة وراثياً ، ويُخَوِّلُها إياها قانونان : القانون الفيدرالى لمبيدات الحشائش ومبيدات الفُطريات ومبيدات القوارض الذى يوكل إليها أمر تنظيم توزيع وبيع واستخدام واختبار مبيدات الآفات - أما الثانى فهو القانون الفيدرالى للغذاء والدواء ومستحضرات التجميل ، الذى يفوضها فى وضع مستويات التفاوت المسموح tolerance levels من بقايا مبيدات الآفات ، وكذا مراقبة أية آثار ضارة قد تكون للسموم على الكائنات غير المستهدفة والكائنات النافعة فى الحقل . تعتبر وكالةُ حماية البيئة من مبيدات الآفات أن كلَّ نبات محور وراثياً يحتوى على سموم حشرية . وعلى هذا فإن لوائح الرش بتوكسين البى تى تُطَبق على النباتات عبر الجينية التى يُعَبِّر فيها عن توكسين البى تى . لوكالة حماية البيئة أيضاً أن تعفى المبيدات الحشرية من لوائحها إذا اعتبرتها آمنة للاستخدام الآدمى . ولقد امتد هذا الاعفاء ليشمل بعض النباتات عبر الجينية - مثلاً النباتات المقاومة للفيروس التى تحتوى على جينات تُعَبِّر عن بروتينات الغلاف الفيروسى ، والنباتات التى تحمل جينات تنظيمية تشجع نشاط جينات موجودة طبيعياً فى تلك النباتات . تتشاور وزارة الزراعة مع و ح ب عند فحص التجارب الحقلية للنباتات المبيدة للآفات .

يود الكثير من العلماء لو رأوا مدخلاً أكثر عقلانية للوائح التنظيم بالولايات المتحدة . ناورت متعددات الجنسية كثيراً ضد أى قانون يتوجه خاصة إلى منتجات البيوتكنولوجيا ، مُفَضِّلة استخدام اللوائح الحالية . تفسر هذه الضغوط التجارية حقيقة أن سلالةً جديدة من نبات عبرجينى تعتبر « آفة » عند وزارة الزراعة بينما تعتبر « مبيد آفات » عند وكالة حماية البيئة .

الإطار التنظيمى بالمملكة المتحدة

أما فى بريطانيا فقد تأثر الإطار التنظيمى بتوصيات منظمة التعاون الاقتصادى والإنماء ، كما وَسَّع من مسئوليات المنظمات الموجودة لتشمل الهندسة الوراثية . يلزم أولاً أن تُخْطَر اللجنة التنفيذية للصحة والسلامة قبل استخدام الكائنات المحورة وراثياً فى أية تجارب . يُحَمِّل قانونُ الصحة والسلامة فى العمل (الصادر عام ١٩٧٤) صاحبَ العمل مسئولية توفير بيئة مأمونة للعمل ، كما يُحَمِّل المستخدمين مسئولية ألاَّ يُعَرِّضُوا الجمهور لمخاطر يمكن تفاديها . فى عام ١٩٧٨ أُدخلت إلى لوائح الصحة والسلامة تنظيمات خاصة بالهندسة الوراثية . اعتُبرت الهندسة الوراثية «خطرة جدا» بحيث تستلزم الفحص قبل الشروع فى أى عمل . تتضمن الطلبات المقدمة للّجنة التنفيذية للصحة والسلامة تفاصيلَ الطروح التجريبية المقترحة من الكائنات المحورة وراثياً ، والتسهيلات المتاحةَ ، والمراقبةَ المفروض إجراؤها ، وترتيبات تقدير المخاطر . ترسل المقترحات إلى اللجنة الاستشارية للتحوير الوراثى التى تقوم بتقييم كل مقترح باستخدام ارشادات اللجنة التنفيذية ، ثم تبدى رأيها بالقبول أو الرفض . تركز اللجنة الاستشارية عادة على النواحى البيولوجية للمقترح بينما تركز اللجنة التنفيذية على نواحى الاحتواء الفيزيقى بالمعاينة فى الموقع الحقلى . تُعتبر اللجنة الاستشارية للتحوير الوراثى - التى أنشئت عام ١٩٨٤ - هى لجنة الحراسة ، وتتألف من ممثلين عن الصناعة ، واتحادات

أصحاب العمل ، والعلماء المتخصصين ، كما تستشيرها أيضاً وزارة الزراعة والمصايد والغذاء وغير هذه من المصالح الحكومية .

فإذا وافقت اللجنة التنفيذية للصحة والسلامة على مقترح ، أمكن البدء فى اتخاذ الخطوة التالية نحو طَرْح مخطط للكائن المهندَس وراثياً فى البيئة . كان هذا فى البداية يخضع لإرشادات اللجنة الاستشارية للتحوير الوراثى التى صدرت عام ١٩٨٦و كانت الإرشادات تتطلب فى البداية أن يُجرى تقييم للمخاطر المحلية . استُعملت ارشادات اللجنة الاستشارية لأول مرة عام ١٩٨٦ لطرح فيروس عصوى محور وراثياً (أنظر الفصل الخامس) . وفى عام ١٩٨٩ اقترحت اللجنة الملكية للتلوث البيئى - مرتكزة على إرشادات اللجنة الاستشارية وعلى الخبرة المكتسبة من طروح الفيروس العصوى - اقترحت هيكلاً تنظيمياً للتحكم فى طرح الكائنات المحوّرة وراثياً فى البيئة . تُغَطّى الآن الطروح بلائحة « الكائنات المحورة وراثياً (الاستعمال المحكوم) » ولائحة « الكائنات المحورة وراثياً (الطرح المدروس)» .

تصدر تصاريح طرح الكائنات المحورة وراثياً عن اللجنة الاستشارية للطَّرح فى البيئة ، التابعة لوزارة البيئة ، والتى يرأسها البروفسور جون بيرينجر . أما بالنسبة لمبيدات الآفات فيتطلب أيضاً الإخطار عنها ، كما ينص قانون حماية الغذاء والبيئة وقانون صحة النبات ، كما تلزم موافقة وزير شئون البيئة قبل الطرح الحقلى للكائنات المحورة وراثياً .

فإذا ما تمت التجارب الحقلية وجب أن يتوفر بالمنتجات ما تتطلبه لوائح مبيدات الآفات أو اللوائح الطبية أو الغذائية . تخضع كل الأغذية لقانون سلامة الغذاء الذى يشترط أن يكون الغذاء صالحاً للاستهلاك الآدمى ولا يضر بالصحة بأى شكل . ثمة مجموعة إضافية من الاحتياطات تطبق على الأطعمة المحورة وراثياً . أما طلبات تسويق الأغذية الجديدة ، فَتُرْسَل إلى اللجنة الاستشارية للأغذية

والمعاملات الجديدة ، وهذه هيئة مستقلة من الخبراء ، رَأَسَها لسنين طويلة البروفسور ديريك بورك ، مهمتها تقديم المشورة لوزيرى الصحة والزراعة بشأن كل ما يتعلق بتصنيع الأغذية الجديدة أو الأغذية الناتجة عن عمليات صناعية جديدة . لهذه اللجنة أن تطلب روتينياً من الشركات تقديم بيانات عن تركيب الغذاء على فترات منتظمة لتراقب استمرار ثبات الخطوط المحورة وراثياً . تعمل هذه اللجنة جنباً إلى جنب مع « اللجنة الاستشارية للغذاء» و « لجنة سمية الكيماويات فى منتجات أغذية المستهلكين وفى البيئة » .

تحول الطلبات إلى اللجنة الاستشارية للغذاء لتقييم الخطر على البشر من الكيماويات التى قد توجد بالغذاء أو عليه ، ولتقديم المشورة إلى الوزيرين بشأن تبطيق الغذاء وتركيبه وأمانه الكيماوى . كثيراً ما تطلب هذه اللجنة الاستشارية رأى لجنة سمية الكيماويات حول سمية الكيماويات بالغذاء ، لتُصدر (اللجنة الاستشارية) لوائح التبطيق للأغذية المحورة وراثياً . فى عام ١٩٩٦ بدأت اللجنة فى توفيق هذه الإرشادات مع قرارات الاتحاد الأوروبى بشأن الأغذية الجديدة ومقومات الغذاء . من المتوقع أن تُنْشَأ بالمملكة المتحدة فى عام ١٩٩٨ وكالة مستقلة لمعايير الغذاء ، تَحْمِل مسئولية هذه المواضيع بدلاً من وزارة الزراعة .

أما الأغذية المحورة وراثياً ومقومات الغذاء التى تحتاج إلى موافقة اللجنة الاستشارية للأغذية والمعاملات الجديدة فتشمل خميرة الخباز ، وإنزيمات تصنيع الجبن التى تنتجها الخميرة والبكتريا عبر الجينية ، وصلصة الطماطم عبر الجينية ، والصويا من فول الصويا المقاوم لمبيدات الأعشاب ، والزيت من شلجم الزيت المحور وراثياً ، والذرة من الأصناف المقاومة للحشرات ، والطماطم التى تؤكل طازجة . لم يسوق البعض من هذه بعد بالمملكة المتحدة لأنه يحتاج إلى إجازة على المستوى الأوروبى أولاً . تتخذ الآن أخطر القرارات بالدول أعضاء الاتحاد الأوروبى - وبشكل يتزايد - على المستوى الأوروبى لا على المستوى القومى . وسيكون موضوع الفصل التالى هو الموافقات على تسويق الأغذية المحورة وراثياً فى أوروبا .

الفصل الثانى عشر

موافقات تسويق الأغذية المحورة وراثياً فى أوروبا

من الملاحظ أن الغالبية العظمى من التماسات الموافقة على تسويق الأغذية المحورة وراثياً كانت تختص ببعض مقومات الأغذية المُصَنَّعة . يغلب أن تدخل هذه المقومات المحورة وراثياً كمكوِّن من مكونات الأطعمة الشائعة لا كمفردات منفصلة يمكن للمستهلك أن يقبلها أو يرفضها . حدث انعدام التمييز هذا فى بريطانيا والولايات المتحدة عندما خُلِط لبن الأبقار المعاملة بالسوماتوتروبين المُطَعَّم بالمحصول العام من اللبن فى أواخر الثمانينات (أنظر الفصل الثالث) . فى هذا الفصل سنتعقب فولَ الصويا والذرة المحوَّرين وراثياً خلال عملية الموافقة على التسويق ، وسنتفحص ما ثار من خلاف حول انعدام قدرة المستهلك على التمييز بين المحوَّر وغير المحوَّر من محاصيل .

اتخاذ القرارات فى الجماعة الأوروبية

للجماعة الأوروبية أربع مؤسسات رئيسية : المفوضية ، والمجلس ، والبرلمان الأوروبى ، ومحكمة العدل الأوروبية . تتألف المفوضية من سبعة عشر عضواً ، يُعَيَّن كل منهم لمدة خمسة أعوام ، وهى اللجنة المنوط بها اقتراح السياسة والتشريع وتنفيذ القرارات ، ولها أن تتخذ الإجراءات القانونية ضد الدول الأعضاء التى لا تعمل بمقتضى أحكام الجماعة . أما المجلس فمهمته مناقشة اقتراحات المفوضية واتخاذ القرارات ، وللمفوضية أن تعدل هذه القرارات أو أن تأخذ بها . وقد تتباين عضوية المجلس ، إذ قد يضم أحياناً الوزراء المختصين ، وزراء الزراعة مثلاً ، على أن يلتقى رؤساء الحكومات مرتين على الأقل كل عام فى مجلس أوروبى . يتألف البرلمان الأوروبى من ٥١٨

عضواً ينتخبون انتخاباً مباشراً لمدة خمس سنوات ، ومهمته مراقبة أعمال المفوضية وإقرارها ، لكنه لا يُعِدّ التشريعات . تفصل محكمة العدل فى أمور تفسير وتطبيق قانون الجماعة ، وأحكامُها ملزمة للدول الأعضاء .

تقوم المفوضية والمجلس بسنّ اللوائح ، وإصدار الأوامر التوجيهية ، واتخاذ القرارات ، ووضع التوصيات ، وإبداء الآراء . تسرى اللوائح على كل الدول الأعضاء ولا تحتاج إلى موافقة البرلمانات الوطنية . تصبح اللوائح سوابق قانونية إذا كانت تتعارض مع القانون الوطنى . تنص الأوامر التوجيهية على نتائج يلزم انجازها خلال فترة معينة ، وعلى الدول الأعضاء أن تضيف إلى قوانينها أو أن تعدلها لبلوغ الأثر المنشود ، فإذا قصَّرت الدول الأعضاء فى تطبيق أمر توجيهى فللمفوضية أن تحيل الموضوع إلى محكمة العدل الأوروبية .

تُتَّخَذُ القرارات بشأن الأغذية المحورة وراثياً بمقتضى الأمر التوجيهى رقم ٩٠/ ٢٢٠/ للجماعة الأوروبية الاقتصادية (EEC / 220 / 90) بشأن الطروح الطوعية للكائنات المحورة وراثياً فى البيئة . بدأ سريان هذا الأمر التوجيهى عام ١٩٩٠ ، إن تكن ثمة تعديلات قد أجريت به فيما بعد . للحصول على التصريح بالتسويق داخل الاتحاد الأوروبى تحت الأمر ٩٠/ ٢٢٠ يلزم التقدم بطلب إلى أول دولة سيسوَّق بها المُنْتَج . تُرسل صورة من هذا الطلب إلى المفوضية ، بينما تقوم اللجان الاستشارية فى هذه الدولة العضو - مثلاً اللجنة الاستشارية للأغذية والمعاملات الجديدة بانجلترا - تقوم بإجراء تقييم أولىٍّ لمخاطر الغذاء الجديد أو المُقَوِّم الغذائى . ترسل المفوضية إلى كل الدول الأعضاء صوراً من الوثائق التى قدمها الطالب ومعها التقييم الأوَّلى للمخاطر . لكل من الدول الأعضاء الحق فى الاعتراض لدى المفوضية ، وللمفوضية القرار الأخير بشأن الموافقة أو الرفض .

بحلول سبتمبر ١٩٩٦ كانت الولايات المتحدة قد وافقت على تسويق سلسلة من المنتجات الغذائية المحورة وراثياً ، من بينها منتجات من فول الصويا والذرة والكانولا المقاومة لمبيدات الأعشاب ، وبطاطس وذرة مقاومة للحشرات ، وطماطم محوَّرة النضج . وعلى عام ١٩٩٧ وافقت حكومة الولايات المتحدة موافقة نهائية على ثمانية عشر طلباً للهندسة الوراثية فى الزراعة ، كما تمت أيضاً إجازاتٌ بالتسويق لمجموعة عريضة مماثلة مختارة فى كندا واليابان .

فى عام ١٩٩٦ تمت بالولايات المتحدة أول زراعات واسعة النطاق لمحاصيل محورة وراثياً : زُرع ١,٢ مليون هكتار بنباتات عبرجينية من فول الصويا والقطن والذرة وغيرها من المحاصيل . والصويا والذرة كلاهما من السلع الزراعية التى تنقل بعد الحصاد إلى مراكز إقليمية حيث تُجمع غلة المَزارع فى صوامع هائلة للتخزين . يتم الشحن بعد ذلك فى شكل حصص ضخمة سهلة التداول ـ أفضل طرق التوزيع من الناحية الاقتصادية . رأت شركات البذور ، والمزارعون ، وشركات النقل بالبواخر ، رأت ألاَّ سبب يدعو ألاَّ تُعامل نفس هذه المعاملة المحاصيلُ الناتجةُ عن البذور المحورة وراثياً ، لتُخلط بالمحاصيل الناتجة عن بذور غير محورة ـ فمنتجات البذور المحورة فيما يُعْتَقَدُ تتطابق مع منتجات غير المحورة .

وعلى شهر سبتمبر ١٩٩٦ كانت المفوضية الأوروبية قد وافقت على تسويق عدد من المحاصيل المحورة وراثياً فى السوق الأوروبى تحت الأمر التوجيهى ٩٠/٢٢٠ . كانت كل هذه الموافقات تختص بمحاصيل مهندسَة لمقاومة مبيدات الأعشاب : طباق مقاوم للبروموكسينيل bromoxynil(فى يونيو ١٩٩٤ لشركة سايتا SEITA) ، وشلجم زيت مقاوم للجلوفوسينيت أمونيوم

(فى فبراير ١٩٩٦ لشركة بلانت جينيتيك سيستمز Plant Genetic Sys-tems) ، وشيكوريا مقاومة للجلوفوسينيت أمونيوم (فى مايو ١٩٩٦ لشركة بيو ـ زادن Bejo _ Zaden) وفول صويا مقاوم للجليفوسيت (فى إبريل ١٩٩٦ لشركة مونسانتو) .

فى عام ١٩٩٦ كانت بذور فول الصويا راونددأب ريدى لشركة مونسانتو ، المقاوم للجليفوسيت تمثل نحو ٢ %من جملة المحصول الأمريكى . وفول الصويا من محاصيل التصدير الهامة ، إذ يُصَدَّر ما يزيد على ٤٠ %من جملة المحصول إلى أوروبا . وفى عام ١٩٩٧ كانت الصويا المحورة وراثياً تمثل نحو ١٥ %من جملة المحصول ـ وقد رُسِمت الخطة لزيادة هذه النسبة . وافقت المفوضية الأوروبية على تسويق هذه الصويا فى أوروبا عام ١٩٩٦ ، برغم موجة القلق المتصاعدة حول هذا المحصول عبر الجينى . اهتم النقاد خاصة باحتمال انتشار مقاومة مبيد الأعشاب إلى المحاصيل الأخرى والحشائش (انظر الفصل السابع) ، وبالاستجابات الألِّيرجية المحتملة ووجود جينات مقاومة المضادات الحيوية (انظر الفصل الثامن) ، وبزيادة الاعتماد على الكيماويات الزراعية التى سترفع كمية الكيماويات التى ستدخل إلى البيئة وتحرك الزراعة بعيداً عن نظم الإنتاج المستدامة (انظر الفصل الرابع عشر) .

دُجِّن فول الصويا (*Glycine max*) أول ما دُجِّن فى شمال الصين فى نحو القرن الحادى عشر قبل الميلاد ، ولم ينتشر بشكل واسع فى الزراعة الغربية حتى القرن العشرين . حدث هذا التوسع السريع فى زراعته بالولايات المتحدة أساساً ، حيث شَكَّل ما يقرب من ٦٠ %من المساحة المزروعة بالعالم فى الثمانينيات . زُرِع بالولايات المتحدة عام ١٩٩٤ ما يقرب من ٥١ %من المحصول العالمى من فول الصويا : قُدِّر محصوله الكلى بنحو عشرة ملايين طن ، قيمتها الحقلية تبلغ نحو ١١,٨ بليون دولار أمريكى . تحمل بذور

الصويا نسبة مرتفعة من البروتين) (٤٠ %) ومن الزيت (٢٠%) ، وهى غنية بالفيتامينات والمعادن ، وتعتبر مادة غذائية متعددة الاستعمالات وتدخل فى عدد كبير من الأغذية المصنَّعة . يحمل دليل أغذية الصويا الأمريكى المنتجات التالية : البذور الكاملة ، الإيداميم Edamame (الصويا الحارة ، التى تجنى صغيرة) ، بروتين الصويا المستخلص ، مركزات بروتين الصويا ، بروتين الصويا المُشَكَّل textured ، الليسيثينات ، الميزو ، الناتُّو ، بروتين الصويا والطوفو Tofu ، منتجات الطوفو ، الحلوى المجمدة غير اللبنية ، الأوكارا ، لبن الصويا ، جبن الصويا ، زبادى الصويا ، دقيق الصويا (كامل الدهن ومنزوع الدهن) ، مجروش الصويا ، مسحوق الصويا ، رقائق الصويا ، لُبّ الصويا ، زيت الصويا ، صلصلة الصويا ، التمبه tempeh . وعلى هذا فسنجد بالسوبر ماركت عددا كبيراً من الأغذية التى تحمل منتجات الصويا . من المقومات الشائعة فى الأغذية هناك الليسيثين (الذى يستعمل كمستحلب ورسِّخ) وبروتين الصويا المُشَكَّل ودقيق الصويا وزيت الصويا . والبروتين المُشَكَّل بالسوق عادة ما يكون بروتين صويا ، وكثيراً ما يكون الزيت النباتى فى السوق زيتَ صويا .

هكذا نجد فول الصويا بأغذية فى مثل تنوع : الخبز ، والبسكويت ، والكعك ، وأغذية الأطفال ، والسُّجُق ، وبدائل اللحم ، ومكرونة الباستا ، والآيس كريم ، والآيس كريم غير اللبنى وسواه من الحلوى غير اللبنية ، والشيكولاته وغيرها من أصناف الحلوى . من السهل إذن أن نفهم كيف أن ثلاثين ألفاً من المنتجات الغذائية ونحو ٦٠ %من كل الأغذية المصنَّعة فى بريطانيا وغيرها من الدول الصناعية ، كيف أنها جميعاً تحمل عملياً صويا محورة وراثياً .

في نوفمبر ١٩٩٦ وصلت أولى رسائل الصويا الممزوجة المحورة وراثياً من الولايات المتحدة إلى الميناء البلجيكي أنتوِبرب، بعد موافقة المفوضية الأوروبية على تسويقه في أوروبا بسبعة أشهر. رفضت شركة مونسانتو مرة بعد مرة صيحاتٍ تنادي بتبطيق هذه الصويا، كما رَفَضَها أيضاً المُصَدِّرون، ومن بينهم آرشر دانييل ميدلاند، وكارجيل، وكذا اتحاد فول الصويا الأمريكي. قالوا جميعاً إن فول الصويا المهندس وراثياً يعادل تماماً نظيره غير المهندس من ناحية الأمان والقيمة الغذائية. وَرَفْضُ تبطيق شحنات الصويا إنما يعني حرمان بائع التجزئة، ومن ثم المستهلِك، من حرية شراء الصويا غير المحورة إن رغب.

نَظَّمت جرينبيس مظاهرة بالموانىء الأوروبية حيث تُفَرَّغ شحنات الصويا، وقَيَّد المحتجون أنفسهم بأسيجة أحواض السفن في محاولة لمنع التفريغ. أُوقفت أولى الاحتجاجات في أنتويرب عندما حصلت شركة كارجيل على حكم يقضي بغرامة على جرينبيس قدرها مليون فرنك بلجيكي عن كل ساعةٍ تعطِّل فيها المظاهرةُ التفريغ. كما حدث في نوفمبر ١٩٩٦، عند انعقاد مؤتمر قمة الغذاء في روما، أن خلع المتظاهرون ملابسهم حتى العرى أثناء المؤتمر الصحفي لوزير الزراعة الأمريكي دان جليكمان ـ وذلك احتجاجاً على استيراد الصويا المحورة. في نفس الوقت نظمت جرينبيس، وغيرها من جماعات البيئيين، احتجاجاتٍ ضد الصويا المحورة بالولايات المتحدة. وفي أكتوبر ١٩٩٦ منع النشطاء حصادً حقل صويا مهندسة وراثياً في أيوا، وفي حادثة أخرى رشوا حقلاً بأكمله بصبغة غير سامة قرنفلية اللون.

يبدو أن شركة مونسانتو متعددة الجنسية ـ ومقرها الولايات المتحدة ـ قد استخفت بالقلق العام حول الهندسة الوراثية بأوروبا. اختارت الشركة أن تتجاهل النصيحة من الأوروبيين وأخذت بنصيحة الاقتصاديين بالولايات

المتحدة ، وبذا صرفت عنها تجار الجملة وتجار التجزئة والمستهلكين الراغبين في شحنات صويا مُبَطَّقَة . انخفضت كمية الصويا المُصَدَّرة إلى أوروبا نتيجة لذلك بما قد يصل إلى ٢٠ ـ ٣٠% . تأمل مونسانتو أن تعود الصادرات إلى سابق عهدها ، إذ ترى أن المحاصيل المحورة وراثياً ستصبح عما قريب مقبولةً لدى معظم المستهلكين . ولقد حدث نتيجة لذلك أن بحث الأوربيون عن بدائل لصويا راونداب ريدى ، فاتجهوا عام ١٩٩٦ إلى كندا حيث الصويا غير المحورة ، وازدادت صادرات كندا من الصويا في ذلك العام عن العام السابق بنحو ٨٠٠٠٠ طن مترى .

ثارت في ألمانيا أشد المعارضات ضد الصويا المحورة وراثياً ، حتى لتضطر شركات يونيليفر Unileverونسله \`Nestleوكرافت ياكوبس زوخارد K.J.Suchard إلى ألاَّ تَستخدم في الأغذية المصنَّعة زيتَ الصويا الناتج عن أية مصادر تحتوى على راونداب ريدى . فإذا ما وُجِد عدد مُعْتَبَر من المستهلكين يرفض شراء المنتجات التى تحتوى على أغذية مهندسة وراثياً ، أصبح من المعقول اقتصادياً في بعض الدول أن تتوفر البدائل . تستخدم شركة يونيليفر ألمانيا عادة نحو ٧ .٥ %من مجموع الصويا الأمريكية التى يستوردها الاتحاد الأوروبى ، الأمر الذى يوضح مدى الضرر الذى أصاب صادرات الولايات المتحدة بسبب المستهلكين . أعلنت شركة زوخارد ـ وهى رابع أكبر شركات إنتاج الأغذية حجماً في أوروبا ـ أعلنت في فاكس منها إلى جرينبيس عزمها على ألاَّ تستخدم غير الصويا المزروعة بالطرق التقليدية .

على أن الشركات في معظم دول أوروبا قد استمرت تستخدم الشحنات غير المميَّزة من زيوت الصويا في منتجاتها من الأغذية المصنَّعة . استمرت يونيليفر الملكة المتحدة تَدَّعى أنه كان من المستحيل عليها أن تتجنب استعمال الصويا المحورة وراثياً في منتجاتها ببريطانيا ـ وتشمل هذه المنتجات :

مـرجـرين فلورا وبلوباند ، وآيس كـريم كـورنيتّـو وسـوليـرو ، وأغـذية بيـرد آى المجمـدة . لو أن ضغط المستهلك فى بريطانيا كان فى قوة نظيره فى ألمانيا ، إذن لكانت النتيجة مشابهة ـ كذا كتب دافيد كينج محرر مجلة جين إيثكس نيوز GenEthics News .

حَظَرت سويسرة (وهى ليست عضوا بالجماعة الأوروبية) استيراد الصويا المحورة وراثيـاً ، لكنهـا قـررت فى أبريل ١٩٩٧ التـخلى عن هـذا الحظر برغم احتـجاجات البيئيين والمستهلكين ـ وذلك حتى تتوافق مع قـرار المفوضيـة الأوروبيـة بالموافـقـة على تسـويق الصـويا المحـورة . سَمَحَ هذا القـرار لمصنِّعى الشيكولاتة السويسرية باستخدام الليسيثين المصنوع من الصويا المستوردة من الولايات المتحدة . كانت بعض الشركات أثناء الحظر قد استخدمت بالفعل ليسيثين من الشحنات المختلطة من الصويا المحورة وغير المحورة ، فسحبت من السـوق ٥٠٠ طـن من منتجـاتهـا . سـحبـت شـركـة توبليرونِه Toblerone ٣٥٠ طناً مما طرحـتـه فى السوق من الشيكولاته ، ثم قالت إنها لن تسـتخـدم ثانيـة الليسيثين من الصويا المحورة وراثياً ، على الرغم من السمـاح به ، لأن «المستهلِك لا يريده» .

فى إبريل ١٩٩٦ وافـقت المفـوضيـة الأوروبيـة على استـيـراد وبيع صـويا مونسـانتـو (راوندأب ريدى) داخل دول الاتحـاد الأوروبى . مـا أن حل وقت وصول المحصول فى نوفمبر ١٩٩٦ حتى كان الرأى العام وقد تحول بعنف ضد الأغـذية المحورة وراثياً فى الكثيـر من الدول الأوروبيـة . كـان معنى هذا أن تواجه المفوضيـة الأوروبية صعوبة أكثر فى الوصول إلى قرار بشأن ذرة سيبا – جايجى عبر الجينية ، التى كان من المفروض أن تصل الموانىء الأوروبية بعـد صويا مونسانتو بوقت قصير .

فى سبتمبر ١٩٩٦ كانت المفوضية الأوروبية تنظر فى طلبات الموافقة على تسويق بضعة محاصيل فى أوروبا ، من بينها محاصيل أخرى مقاومة لمبيدات الأعشاب ، مثل شلجم زيت وذرة تقاوم الجلوفوسينيت أمونيوم (شركة بلانت جينيتيك سيستمز وشركة أجروإيفو AgroEvo) وذرة مقاومة للحشرات (شركة بيونير هاى بريد ، وشركة مونسانتو ، وشركة سيبا-جايجى) . تحمل ذرة سيبا-جايجى المقاومة للحشرات جينا يشفر لسم بى تى ، وكذا جيناً يضفى المقاومة ضد مبيد الأعشاب جلوفوسينيت أمونيوم . وكان طلب سيبا-جايجى (التى أصبحت الآن جزءاً من شركة نوفارتيس المتعددة الجنسية ، ومقرها سويسره) هو أكثر الطلبات إثارة للخلاف . كانت شحنات الذرة المحورة فى طريقها إلى أوروبا عندما كانت المفوضية الأوروبية تنظر فى أمر الموافقة .

والذرة *Zea mays* هى ثانى أهم المحاصيل التجارية فى العالم . بلغ محصول الذرة الأمريكى عام ١٩٩٦ ما يزيد على ٥٦٠ مليون طن ، صُدِّر منها ٧١ مليون طن . تبلغ قيمة صادرات الذرة من أمريكا إلى دول الاتحاد الأوروبى نحو ٥٠٠ مليون دولار ، وسلالات الذرة الحديثة هجينة ، فلا يمكنها البقاء خارج النظام الزراعى . تُحَوَّلُ الذرة الصوانية Flint cornالصلبة ذات الحبوب الكبيرة الدقيقية ، إلى غذاء للحيوان ، كما تستخدم فى عدد كبير من الأغذية المصنّعة ، مثل زيت الذرة ، ودقيق الذرة ، ومسحوق الذرة ، وشراب الذرة ، ووجبات الفطور ، والسيمولينا ، والدكستروز ، والنشا المُحَوَّل . والحق أن الذرة هى المادة الخام لما يزيد على ٣٥٠٠ منتج ذى قيمة مضافة . هناك أصناف أخرى من بينها الذرة السكرية (*Z.mays* var. *saccharata*) ، وهذا صنف يزرع كخضار ويجمِّع فى أجِنَّته السكر بدلاً من النشا . وهناك أيضاً الذرة الفُشار popcorn (*Z.mays* var. *everta*) التى تنفتق

حبوبها عند التحميص . تُقَسَّم صادرات أمريكا إلى أوروبا (ومعظمها من الذرة الصوانية) إلى قسمين ، فيستخدم نحو ٢٠ %منها فى الأغذية المصنعة ، و٨٠ % فى غذاء الحيوان .

هُنْدِست ذرة سيبا-جايجى لمقاومة ثاقبات الذرة الأوروبية ومقاومة مبيد الأعشاب جلوفوسينيت أمونيوم ، وهى تحمل - مثل غيرها من النباتات عبر الجينية - جيناً مقاوماً لمضاد حيوى يعمل كواسم كَشّاف (انظر الفصل الخامس) . تقدمت سيبا-جايجى / نوفارتيس فى البداية إلى السلطات الفرنسية تطلب الموافقة على عرض إنتاجها من الذرة المحورة وراثياً بالسوق الأوروبية . وافقت السلطات الفرنسية ، وأرسلت الملف إلى المفوضية الأوروبية فى مارس ١٩٩٥ ، ليعرض على كل الدول الأعضاء ، وفى مارس ١٩٩٦ اقترحت المفوضية الموافقة على الطلب . لكن البرلمان الأوروبى صَوَّتَ فى ٢٥ أبريل ١٩٩٦ ضد تسويق الذرة عبر الجينية ، إذ رفضه عدد من الدول الأعضاء (النمسا ، الدانيمرك ، السويد ، المملكة المتحدة) وامتنع البعض الآخر عن التصويت (ألمانيا ، اليونان ، إيطاليا ، لوكسمبورج) . اعترضت النمسا والسويد لأن اقتراح المفوضية الأوروبية لم يتضمن تبطيق الذرة ببطاقة تعلن أنها «محورة وراثياً ، أما المملكة المتحدة فقد كان ما يُقْلِقُها هو مخاطر انتشار مقاومة المضاد الحيوى إلى الحيوانات وإلى الإنسان . لكن أثر البرلمان الأوروبى - كما ذكرنا قبلاً - أثر محدود على اتخاذ القرار على المستوى الأوروبى .

بعد اختلاف الدول الأعضاء حول القضية ، طُلِب من مجلس البيئة أن يناقش الترخيص بعرض الذرة فى السوق . كانت المخاوف المُثَارة هى ١) الزيادة المحتملة فى استخدام مبيدات الأعشاب ، ٢) الإنتاج المستمر من توكسينات بى تى قد يؤدى إلى زيادة مقاومة الحشرات لها ، الأمر الذى قد يقلل كفاءة

الرش بالبى تى الذى يقوم به المربون العضويون والذى يُستخدم فى برامج الوقاية البيولوجية ، ٣) استعمال المضاد الحيوى الأمبسلين كواسم قد ينقل مقاومة المضاد إلى الكائنات الدقيقة بالأمعاء ، ٤) الأثر الألِّيرجينى المحتمل للإنزيمات الجديدة التى ستنتجها النباتات المستخدمة فى غذاء الإنسان . تتطابق هذه المخاوف مع تلك التى أثارتها جماعات البيئيين والمستهلكين ، وإن أضافت هذه الجماعات أيضاً قلقها بشأن عدم التمييز التبطيق .

دخلت المفوضية الأوروبية إذن فترةً من الجدل المطول حول ذرة سيبا-جايجى / نوفارتيس ، ورأت أن تترك القرار النهائى حتى تصلها توصيات ثلاث لجان متخصصة (لجان : الغذاء ، وغذاء الحيوان ، ومبيدات الآفات) . تأخرت هذه اللجان عن موعدها المحدد ، وامتد التأخير خلال نوفمبر وديسمبر ، بينما وصلت شحنات الذرة إلى الموانىء الأوروبية . ازدادت الضغوط للوصول إلى حل بعد أن حُجزت الذرة فى الموانىء . وفى ١٠ ديسمبر عَدَّلت المفوضية الأوروبية الأمر التوجيهى ٢٢٠/٩٠ لتسهيل إجراءات التسويق . وفى ١٨ ديسمبر ١٩٩٦ وافقت المفوضية على تسويق الذرة المحورة فى أوروبا ، بعد أن رأت اللجان العلمية الثلاث ألاَّ خطر هناك على الإنسان أو الحيوان من استهلاكها . صرح مصدر وثيق الصلة بلجنة البيئة بقوله : « مكثنا ننتظر هذه الآراء لمدة ستة أشهر ، وكان من الصعب علينا ألاَّ نقبلها اليوم » . جاء رد الفعل عنيفاً من جماعات المستهلكين والبيئيين ضد هذا القرار ، إذ رأوا فيه انحيازاً نحو المصالح السياسية والتجارية على حساب سلامة الجماهير والبيئة . اعتبرته «جرينبيس » واحداً من أخطر القرارات غير المسئولة التى اتخذتها المفوضية .

كان القرار يعنى أن تدخل السوق آلافُ الأطنان من الذرة المحجوزة فى الموانئ الأوروبية ، كما يعنى ألاَّ تحتاج المنتجات الغذائية التى تدخل الذرة

فى تكوينها ، إلى أى تبطيق خاص . قال النقاد إن المفوضية الأوروبية قد استسلمت تحت الضغط الرهيب من قِبَلَ الولايات المتحدة والشركات متعددة الجنسية . فقد أرسل وزير الزراعة الأمريكى ـ على سبيل المثال ـ وفداً إلى بروكسل للدهلزة ضد أى تقييد يفرض على التسويق ، قائلاً إن الاعتراضات ترتكز على «علم فاسد» ، وأنها قد تعوق التجارة . ومعنى هذا أن فرض الحظر على الذرة قد يسبب حرباً تجارية فورية ، فالولايات المتحدة تعتبر مثل هذا الحظر غير قانونى تحت قوانين التجارة الحرة لمنظمة التجارة العالمية . يلزم للدفاع عن أى حظر توضيحُ أن المحصول لا يفى بالمعايير المقررة ، أو تقديم شواهد علمية متينة على خطورته على الصحة أو غيرها ، والأرجح أن تستخدم الولايات المتحدة قوتها فى منظمة التجارة العالمية إذا شعرت بأن صادراتها من المحاصيل عبر الجينية قد عوملت فى أوروبا معاملة جائرة .

اعترفت المفوضية الأوروبية فى ديسمبر ١٩٩٦ بأن ثمة استيرادات غير قانونية من الذرة الأمريكية المحورة وراثياً قد تمت منذ اليوم الأول من أكتوبر . تقول شهادات الاستيراد بدخول ٤٠٠٠ ـ ٥٠٠٠ طن كل أسبوع من هذا المحصول الذى يحمل نسبةً من ذرة سيبا-جايجى/ نوفارتيس المحورة ، وذلك من خلال موانئ أنتويرب وروتردام ولشبونة وبرشلونة . كانت الشحنات المستوردة فى حاصل الأمر غير قانونية قبل أن يصدر قرار المفوضية بشأن الذرة المحورة وراثياً . بَدَت المفوضية عاجزة عن منع الاستيراد ، واعتمدت على الدول الأعضاء فى إجراء التفتيش الذى يضمن تطبيق تشريعات الجماعة الأوروبية . نَبَّه النقاد إلى أن الوضع ، بعد أن تحولت الدول الأعضاء إلى سوق واحدة وأزيلت نقط التفتيش على الحدود بينها ، كان يسمح بحرية نقل الذرة التى تستوردها دولة إلى أى دولة أخرى من الدول الأعضاء . لم تجد المفوضية ما يدعو إلى اتخاذ إجراءاتٍ وهى على وشك اتخاذِ قرار بشأن استيراد الذرة .

أصبحت الدول الأعضاء - ومنها مَنْ له تحفظات جوهرية على الذرة عبر الجينية - أصبحت عملياً عاجزة بعد صدور قرار المفوضية . لم يعد متاحاً أمامها إلا القليل من الخيارات القانونية لمنع استيراد الذرة - بخلاف التهديد باتهام المفوضية أمام محكمة العدل الأوروبية بانتهاك الأمر التوجيهى رقم ٢٢٠/٩٠ . كان لهذا التهديد لو نُفِّذ أن يشكل ضغطاً على المفوضية لسحب موافقتها . لكن هذا لم يحدث ، إنما استخدمت الدول الأعضاء فقرة وقائية لتمنع الاستيراد مؤقتاً .

لوقف الاستيراد غير القانونى خلال عام ١٩٩٦ ، كان الأمر يتطلب إثبات وجود الذرة المحورة فى أى شحنة بذاتها . وفحص الشّحنة بحثاً عما تحمله من الذرة المحورة وراثياً لا يشبه - كما قيل - إلا البحث عن إبرة فى كومة قش . كانت الذرة المحورة وراثياً تشكل ما يقل عن ١ %من المحصول ، وكان الأمر يستلزم اختبارات عملية لتمييزها من الذرة غير المحورة . توفرت الآن اختبارات يمكن بها تحديد هوية المُنْتَج المحوَّر داخل الشحنات . فعلى سبيل المثال تستخدم شركة جينيتيك آى دى Genetic ID(فى أيوا) أجهزة تفحص بدقة تركيب عينات دنا المحصول وتحدد أية تتابعات جينية محورة . تستطيع هذه الأجهزة أن تكشف عن وجود حبة ذرة محورة واحدة من بين عشرة آلاف حبة غير محورة . تعمل هذه الشركة مع كبار منتجى الأغذية الأوروبيين ممن يهتمون بهذا الاختبار لمراقبة شحنات الصويا فى المستقبل عندما تشكل المنتجات المحورة وراثياً نسبة من المحصول الكلى أعلى . ثمة شركة - هى شركة سنترال صويا Central Soya- كانت توفر منذ أواخر ١٩٩٦ صويا تحمل شهادة بخلوها من صويا راونداب ريدى - كانت تتعامل فى صويا من مصادر كندية فقط ، إذ لم تكن كندا فى ذلك الوقت تزرع الصويا المحورة . لا يزال من الممكن الحصول على صويا غير محورة ، مضمونة ، من دول أمريكا الجنوبية .

ثم وقعت انعطافة أخرى فى يناير ١٩٩٧ عندما أثارت إحدى الأكاديميات الأمريكيات المخاوف حول مصداقية اختبار الذرة المحورة وراثياً . قالت مرجريت ميلُون إن الذرة قد حصلت فى البدء على قرار الإجازة من مصلحة الغذاء والدواء الأمريكية وغيرها من اللجان الاستشارية دون أن يُعرف شيء عن الجين الواسم الفَرَّاز : تعنى أن القرار قد اتُّخِذ بناء على بيانات عن مبيد الأعشاب ومقاومة الحشرات فقط . ولقد كان وجود الجين الفراز ـ الذى يُضفى المناعة ضد المضاد الحيوى ـ هو السبب الرئيسى فى قلق المستشارين من العلماء الأوروبيين .

وفى ٦ فبراير ١٩٩٧ أصبحت النمسا هى أول دولة أوروبية تعتبر استيراد وتسويق الذرة عبر الجينية لشركة سيبا-جايجى/ نوفارتيس عملاً غير مشروع ، برغم موافقة المفوضية الأوروبية على تسويقها فى ١٨ ديسمبر ١٩٩٦ . استخدمت النمسا فقرة الحماية (البند١٦) فى الأمر التوجيهى ٩٠/٢٢٠ ، الذى يسمح للدولة العضو أن تحظر لمدة ثلاثة أشهر تسويق المنتجات المحورة التى أجازتها المفوضية ، إذا ما رأت الدولة أنها تشكل مخاطر على البيئة أو على الصحة . بررت وزيرة الصحة النمساوية كريستا كرامر هذا القرار بأن أشارت إلى الشكوك المستمرة داخل وزارتها حول آثار الذُّرة عبر الجينية على الصحة . وتبعتها لوكسمبورج فى ٧ فبراير ، إذ قررت نفس الحظر لنفس الأسباب . كان القلق فى الدولتين يتركز حول واسم المضاد الحيوى واحتمال تطوير بكتريا الأمعاء مقاوَمَةً ضد الأمبسلِّين وغيره من المضادات الحيوية البنسلينية . كان أمام المفوضية الأوروبية ثلاثة أشهر تقرر فيها ما إذا كان هذا الحظر يشكل إعاقة بلا موجب للحركة الحرة للبضائع داخل السوق الأوروبية ، أو إن الخطر على البيئة أو الصحة يُسَوِّغ مَدَّ هذا الحظر إلى أوروبا .

قالت فرنسا ـ وكانت النشطة فى تشجيع قبول الذرة فى السوق الأوروبية ـ

قالت إنها ستجيز تسويق الذرة المحورة وراثياً ، فقط إذا ما بُطِّقَت كما يجب . ثم أنها أعلنت فى ١٣ فبراير ١٩٩٧ أن زراعة الذرة المحورة محظورة فى فرنسا . عَجَّل هذا باستقالة أليكس كان رئيس اللجنة القومية للهندسة البيوجزيئية من منصبه . قال إن سياسة الحكومة » غير متناسقة « ، فهى تقول إن الذرة مأمونة ، ثم تحظر زراعتها ، ولذا لم تدع أمامه خياراً سوى الاستقالة . كانت إيطاليا هى الدولة الثانية فى الاتحاد الأوروبى التى تحظر (فى ٤مارس) زراعة الذرة المحورة . تزرع فرنسا وإيطاليا سنوياً ثلثى محصول الاتحاد الأوروبى من الذرة ، البالغ ٣٣ مليون طن .

أَدَّت السياسات المتباينة للدول الأعضاء بشأن المحاصيل المحورة وراثياً إلى انشقاقات خطيرة داخل السوق الأوروبية الموحدة . فعلى ربيع ١٩٩٧ كانت ثلاث عشرة دولة من دول الاتحاد الأوروبى الخمس عشرة وقد ثارت شكوكها حول الترخيص بالذرة عبر الجينية . قالت المفوضية الأوروبية إنها تُعِدّ تعديلات أخرى فى الأمر التوجيهى ٢٢٠/٩٠ لمحاولة حل الخلافات . وَقَعَت الدول الأعضاء تحت ضغوط لاتخاذ فِعْلٍ ما ، حتى لو كان رمزياً ، إذ بدا أن الرأى العام يتحرك ضد استيراد وتسويق الأغذية غير المُبَطَّقة من المحاصيل عبر الجينية .

فى ٨ إبريل ١٩٩٧ أدان البرلمانُ الأوروبى المفوضيةَ الأوروبيةَ لإجازتها استيراد الذرة المحورة وراثياً . صَوَّت أعضاء البرلمان ، بشكل مُدَوٍّ (٤٠٧ صوتا ضد ٢) فى صف قرار يتهم المفوضية «باللامسئولية» عندما وافقت على ذرة سيبا-جايجى/نوفارتيس ، بالرغم من سابق تصويت الدول الأعضاء ضد الموافقة ، ورفْض البرلمان الأوروبى لها . ادعى القرار أيضاً أن « الواضح أن الاعتبارات التجارية قد هيمنت على عملية اتخاذ القرار حتى الآن» . ذكر قرار البرلمان أن الشكوك لا تزال موجودة حول أمان الذرة المحورة وراثياً ، وحول

مخاطر انتقال جين واسم إلى البشر مقاوم للمضادات الحيوية . طالب القرار بنشر التقارير الكاملة للجان العلمية الثلاث التى استندت إليها المفوضية فى الترخيص باستيراد الذرة ، كما طالب بمراجعة إجراءات الترخيص بتسويق منتجات الأغذية المحورة وراثياً حتى « تظهر على الوجه الصحيح آراءُ الدول الأعضاء والبرلمان الأوروبى التى أُفْصِح عنها ديموقراطياً» . وفى خلال عام ١٩٩٧ أعربت دول من الأعضاء ـ من بينها النمسا ولوكسمبورج وإيطاليا ـ عن بالغ قلقها من احتمال أن تتسبب جينات البى تى بالمحاصيل عبر الجينية فى أن تطور الحشراتُ مقاومةً للرش بالبى تى ـ والرش هذا مكون هام فى مقاومة الآفات بالمزارع العضوية .

فى استفتاء تم فى خمس دول أوروبية أجرته مورى MORIبتكليف من جرينبيس ، اتضح أن ٥٩ %من الجماهير يعارضون تطوير ودخول الأغذية المحورة وراثياً ، بينما كانت نسبة الموافقين ٢٢ %فقط . قال ٦٧ %إن أكلهم مثل هذه الأغذية لن يسعدهم . أعلن متحدث باسم جرينبيس ـ معلقاً على نتيجة استفتاء مورى ـ : « يلزم أن يحترم المُشَرِّعُون مثل هذا التفضيل الصريح الذى عبر عنه المستهلكون الأوربيون» . لكن هناك بدول أوروبا المختلفة مواقف مختلفة بشأن الهندسة الوراثية وإنتاج الغذاء . عارضها السويديون بشدة (٧٦ %معارضون) وكان البريطانيون هم الأقل اهتماماً (٥٣%) . أما ألمانيا والنمسا (ولم تشتركا فى استفتاء مورى) فكان بهما أعلى مستويات المعارضة للأغذية المحورة وراثياً فى أوروبا .

فى أوائل ١٩٩٧ شهدت ألمانيا مظاهرات عامة عارمة ضد الطاقة الذرية واستنساخ الحيوان ، وكذا ضد الأغذية المحورة وراثياً . تعكس هذه القضايا البيئية قوة حركة الخُضْر السياسية داخل ألمانيا ، وهى حركة تهتم خاصةً بسوء استخدام الوراثة على ضوء السياسات اليوجينية المخزية لألمانيا فى

الماضى . أُجرى استفتاء فى ألمانيا قام به معهد علمى ، فاتضح أن ٨٠ % من الشعب الألمانى لا يريد أن يأكل الأغذية المحورة وراثياً . ولقد تسبب ضغط المستهلك بالفعل فى أن تُقْلع شركات تصنيع الغذاء الألمانية عن استخدام الصويا المحورة وراثياً ، بينما انهمك تجار الجملة والتجزئة يبحثون عن مصادر الذرة غير المحورة من أجل السوق الداخلى .

بيَّنت الاستفتاءات التى أُجريت بالنمسا عام ١٩٩٧ أن نحو ٨٥ ـ ٩٠ % من الشعب يعضد إجراء استفتاء شعبى بشأن قضية الغذاء المحور وراثياً . طَلَب ثلثا محلات السوبر ماركت ألا تَتَمَوَّن بأغذية محورة وراثياً ، وأدارت الصحيفتين الأكثر توزيعاً حملةً يومية تعضد حظر مثل هذه الأغذية . نجحت حركة الخُضْر القوية فى النمسا قبلاً فى الفوز باستفتاء شعبى عام ١٩٧٩ ، قاد إلى حظر الطاقة النووية . أُجرى استفتاء شعبى فى الأسبوع المنتهى يوم ١٥ أبريل ١٩٩٧ ، بادر به ائتلاف من الجماعات البيئية ونَظَّمه وزير الداخلية النمساوى ، وكانت نتيجته أن وقَّع ١,٢ مليون شخص ـ خُمْس جمهور الناخبين ـ وقَّعوا عريضةً ضد استخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج الطعام .

ونتيجة الاستفتاء الشعبى ليست من الناحية القانونية مُلْزِمَةً للحكومة النمساوية ، لكنها تشكّل ضغطاً هائلاً عليها كى تحسم القضية . ناقشت الحكومة ـ وكانت آنئذ ائتلافاً بين الديموقراطيين الاشتراكيين (يسار الوسط) وحزب الشعب (يمين الوسط)- ناقشت الطلبات المُحَدَّدة للاستفتاء . تضمنت هذه الطلبات حظراً على إنتاج الأغذية المحورة وراثياً فى النمسا ، وتعليقَ نشاط الاختبار الحقلى للمحاصيل عبر الجينية ، وحظر استيراد الصويا عبر الجينية . أدركت الحكومة أن قبولها لعدد من اقتراحات الاستفتاء سيمكّنها من التأثير فى سياسة الاتحاد الأوروبى . كانت النمسا بالفعل تخرق عملياً قوانين الاتحاد الأوروبى بقرارها الصادر فى ٦ فبراير الذى

يحظر استيراد ذرة بى تى لشركة سيبا-جايجى/ نوفارتيس . استجابت الحكومة للاستفتاء الشعبى بأن رفضت التخلى عن هذا الحظر ، وأخبرت المفوضية الأوروبية بأنها ترغب فى رفع الأمر إلى محكمة العدل الأوروبية إذا رأت المفوضية أن الحظر غير قانونى . ستجرى سويسره استفتاء شعبياً مماثلاً بشأن الهندسة الوراثية فى عام ١٩٩٨ .

كان من المنتظر أن يصدر فى يوم ١٤ مايو ١٩٩٧ قرار المفوضية بشأن حظر النمسا استيراد ذرة بى تى سيبا - جايجى/ نوفارتيس - أى عند انقضاء الشهور الثلاثة للحظر . نظرت لجنة على المستوى الأوروبى فى الموضوع ، لكنها قالت إنها لم تتمكن من الانتهاء من مداولاتها فى الوقت الملائم . أصبح وضع المفوضية حرجاً ، ذلك أن الولايات المتحدة ستعتبر مَدَّ الحظر على الذرة خرقاً لقوانين التجارة الحرة ، فإما أن تعتبر المفوضية الحظر غير قانونى ، لتُغْضِبَ بذلك حكومات بضع دول أخرى ، أو أن تمد الحظر عبر أوروبا ، وهنا قد تقوم منظمة التجارة الدولية - تحت ضغط متعددات الجنسية من ذوات المقر الأمريكى - بالحكم بأن الحظر غير قانونى . وأخيراً ، وفى سبتمبر١٩٩٧ طلبت المفوضية من كل من النمسا ولوكسمبورج وإيطاليا أن تُنْهِى الحظر ، الذى فرضته كلٌّ منها من جانب واحد ، على ذرة سيبا- جايجى / نوفارتيس . كانت النمسا عند كتابة هذا تَجِدُّ تطلب حكماً من محكمة العدل الأوروبية . والأغلب أن تحدث صراعات كهذه حول موافقات التسويق بالنسبة لغير هذا من المحاصيل عبر الجينية .

فى سبتمبر ١٩٩٧ أعلنت النرويج عن خطط لحظر ستة منتجات محورة وراثياً رَخَّصَت بها المفوضية الأوروبية ، من بينها ذرة سيبا- جايجى/نوفارتيس . والنرويج ليست عضواً كاملاً فى الإتحاد الأوروبى ، لكنها جزء من المنطقة الاقتصادية الأوروبية التى أنشئت عام ١٩٩٢ لتوسيع السوق

الواحـدة للاتحـاد . ورغم ذلك فـقـد هدد الاتحـاد الأوروبى باتخـاذ اجـراءات عقابية ضد منتجات النرويج إذا ما نُفِّذ قرار الحظر .

موجة جديدة من المحاصيل

وصلت عام ١٩٩٧ شحنات مختلطة أخرى من المحاصيل المحورة وغير المحورة التى وافقت عليها المفوضية . تضمنت هذه الشحنات سلالات ذرة عبرجينية من مـونسـانتـو ، وأجـرإيفـو AgrEvo ، وبيـونيـر هاى بريد ، ونورثراب كـينج Northrup King .هُندست هذه المحاصيل لصفتى مقاومة الحشرات ومقاومة مـبيدات الأعـشاب . فى عام ١٩٩٧ استُورد من كندا لأول مرة زيت من كـانولا مـقـاومـة لمبيـدات الحشـائش من إنتاج أجـرايفـو ، وسيـسـتـخـدم فى المرجرين وغيـره من الأطعمـة المُصَنَّعة . تزرع الآن بعض هذه المحاصيل عبر الجينية تجارياً داخل أوروبا .

استـمرت مـتـعددات الجنسيـة خـلال عـام ١٩٩٧ تبرر عـدم الفـصل بأن الأطعـمة الناتجـة عن المقومـات المحورة تشبـه نظيراتها عن غيـر المحورة ، بينما طفقت تقاوم أية مطالبـة بالتبطيق (أنظر الفصل الثالث عشر) : أعلن اتحاد تجارة الحبوب والأعلاف (الجافتا Gafta) - الذى يمثل تجار العالم للشحنات السائبة - أعلن فى مارس ١٩٩٧ أن مثل هذا الفصل » لم يعد خياراً قابلاً للتطبيق« بالنسبة لتلك السنة أو لأية سنة قادمة . من ناحية أخرى أعلن الاتحاد الأوروبى للتجزئة (Eurocommerce) أن الفصل ممكن إذا دفعته قوى السوق . طالب اتحاد التجزئة - المتأثر بالمستهلكين - بالفصل والتبطيق حيثما أمكن ، فردت الجافتا بأن مزارعى الولايات المتحدة سيحتاجون إلى حوافز »سخية« للموافقة على الفصل .

فى ذلك الوقت خشيت صناعات الكيماويات الزراعية والبيوتكنولوجيا فى أوروبا من أن تتخلف إذا وُضِعت العقبات فى طريق تسويق المحاصيل المحورة

وراثياً . استغلت متعددات الجنسية مسألة «خوف أوروبا من التخلف» فى بذل ضغوط سياسية على صنَّاع القرار . وافق الاتحاد الأوروبى فى أوائل عام ١٩٩٧ على ثمانية طروح لمنتجات غذائية محورة وراثياً ، مقارنة بأربعة وعشرين فى الولايات المتحدة .

فى عام ١٩٩٧ كانت المفوضية تنظر فى أمر الموافقة على محاصيل إضافية مقاومة للأعشاب أو للحشرات ، من بينها كانولا (شلجم زيت) مقاومة لجلوفوسينيت أمونيوم (لشركة بلانت جينينيك سيستمز Plant genetic systems) وبضع سلالات من الذرة مقاومة للحشرات (لشركتى نورثراب كينج وبيونير هاى بريد) . وفى يونيو ١٩٩٧ وافقت المفوضية على سلالتين من كانولا شركة بلانت جينيتيك سيستمز للاستخدام فى علائق الحيوانات وفى تطوير بذور عبرجينية . أكدت الشركة ـ وقد أصبحت الآن جزءاً من شركة أجرإيفو ـ أنها ستُبَطِّق أكياس البذور التى ستباع للمزارعين . أتيحت هذه البذور عبر الجينية لمزارعى الاتحاد الأوروبى بدءاً من يوليو ١٩٩٧ . على أن النمسا قد أعلنت أنها تنوى أن تفرض حظراً على هذا الشلجم المحوَّر .

تنظر المفوضية الأوروبية أيضاً عام ١٩٩٨ فى أمر عدد آخر من محاصيل محورة وراثياً ، من بينها طماطم عبر وراثية تؤكل طازجة . تُسَوَّق بالولايات المتحدة الآن طماطم فليفر سيفر لشركة كالجين ، ولقد وافقت حكومة المملكة المتحدة عليها بالفعل بعد أن أخذت رأى اللجنة الاستشارية للأغذية والمعاملات الجديدة . قد تصبح هذه الطماطم هى أول ثمار طازجة عبرجينية تحظى بالموافقة على التسويق فى أوروبا . وعلى هذا فالأغلب أن يكون هذا القرار قراراً مِقْلاداً .

الفصل الثالث عشر

قضية التبْطِيق الملِحَّة

بعد أن أدرك المستهلكون المدى الذى تستخدم فيه المقومات المحورة وراثياً بالأغذية المصنعة ، تعالت الأصوات تطالب بتبطيق labellingهذه المأكولات . قاومت صناعة الأغذية تبطيق معظم الأطعمة المحورة وراثياً ، على أساس أنها تعادل نظيرتها الناتجة عن مقومات غير محورة . سنفحص فى هذا الفصل الآراء المعضدة والمعارضة للتبطيق الإلزامى لكل الأغذية المحورة وراثياً ، وكذا تطور تشريعات التبطيق فى أوروبا .

دروس من الأغذية المشَعَّعَة

من خبرتها فى تشعيع الغذاء تعلمت صناعة الأغذية أن التبطيق قد يضر بها . طُوِّرت تقنية التشعيع irradiationلزيادة فترة عرض ثمار الفاكهة والخضروات ، وهى تتضمن قذف الغذاء بأشعة جاما التى توقف عملية التعفن وتقتل البكتريا المُلَوِّثة . ومثل التشعيع مثل الثمار عبر الجينية التى تبقى فترة أطول على الرف ، فقد ادُّعِىَ أن التشعيع يخلف الثمار مأمونة كغير المعاملة وبنفس قيمتها الغذائية ، وإن كان النقاد قد دفعوا بأن التشعيع قد يُستخدم فى تمرير أطعمة دونه ما صَلُحت للبيع .

هُذِّبت تقنيات التشعيع فى السبعينات بوضع مستويات موصى بها لمقدار التشعيع ترتكز على بيانات من برنامج بحثى مكثف . لكن جماعات المستهلكين شَنُّوا استنكارات فعالة ضد استخدام التشعيع طريقةً لحفظ الطعام . ربط ريتشارد بيشيونى المعارض ، ربط التكنولوجيا بالصناعة النووية بالولايات المتحدة ، حيث اقتُرِحت منتجاتٌ ثانويةٌ محتملةُ الخطر تنشأ من

صناعة الأسلحة النووية (السيزيوم ـ ١٣٧ والكوبالت ـ ٦٠) كمصادر لأشعة جاما التى تستخدم فى تشعيع الأطعمة ، وحذّر من مخاطر التلوث بالمُسَرْطِنَات . أما فى المملكة المتحدة فقد تنامى القلق بين المستهلكين فى أواخر الثمانينات ، ودعمته تقارير تقول إن المستويات العالية من التشعيع قد تحطم فيتامينات الطعام . وعلى الرغم من توكيد الصناعة بأن الطبخ مثلاً يحطم فيتامينات أكثر من التشعيع ، فإن ضغوط المستهلكين كانت تهدف إلى التبطيق الطوعى للمعروض من الأغذية المصنَّعة بمحلات السوبر ماركت . وقد انتهى هذا إلى التبطيق الإجبارى . يفضل المستهلِكُ إذا ما خُيِّر ألاَّ يشترى منتجاتٍ عوملت بالإشعاع المؤيِّن . وبسبب قلة المبيعات توقفت محلات السوبر ماركت عن تخزين الأطعمة المشععة .

الحجج ضد التبطيق الإجبارى : الغذاء ليس مختلفاً

تخشى الصناعات الغذائية من استجابة مماثلة عند تبطيق الأغذية بأنها مهندسة وراثياً ، ومن ثم فهى تقف فى معارضة التبطيق الإجبارى . يلزم التمييز بين الأغذية التى هى كائنات محورة وراثياً والتى تحتوى على مثل هذه الكائنات ، وبين الأغذية التى تنتج عن عمليات الهندسة الوراثية . صحيح أن الفواكه والخضراوات المحورة لحياة أطول على الرف ، أو للطعم ، أو للتركيب ، هى كائنات بواضح الأمر مهندسة وراثياً ، ومن ثم فالأغلب أن تُبَطَّق هكذا ، إلا أن معظم المنتجات الغذائية المهندسة وراثياً هى أغذية مصنعة . كثيراً ما تتلف الجينات الغريبة ذاتها أثناء التصنيع ، وتصبح المنتجات النهائية فى الكثير من الحالات مطابقة للمنتوجات المصنوعة من المادة غير المحورة .

كان أول ما سُوِّق من الأطعمة المحورة وراثياً فى المملكة المتحدة بوريه

الطماطم وجبن النباتيين . خَزّنت سلسلتا السوبر ماركت سينزبورى وسيفواى بوريه الطماطم هذا ، ولم يكن عدم التبطيق بالقانون محظوراً ، لكنهما قررتا طوعاً أن تبطِّقاه . لا يحتاج جبن النباتيين ـ المصنوع باستخدام كيموزين محور وراثياً ـ أن يُبَطَّق مختلفاً عن غيره ، لا فى المملكة المتحدة ولا فى الولايات المتحدة ، وقد قامت سلسلة كو ـ أوب Co_op للسوبر ماركت بتخزينه ثم بَطَّقَتْهُ طوعاً .

لا يوجد أى دليل علمى فى الكثير من الحالات يشير إلى أن طرق الإنتاج باستخدام الهندسة الوراثية ، فى ذاتها ، تغير من تركيب الغذاء بصورة جوهرية أو متسقة . تطلب الصناعة الغذائية ، ولها الحق ، أن يكون التبطيق على أساس منطقى وعلمى صارم . قالت مونسانتو إنها ستعضد التبطيق لو أمكن أن نثبت أن المنتجات المصنوعة من زيت الصويا المحورة تختلف عن المنتجات المصنوعة من مصادر غير محورة ، وهى فى هذا إنما تتبع توصيات الكودكس Codex (الجهاز الدولى الذى أنشىء لمراقبة الموصفات القياسية للغذاء) التى تقول إن التبطيق الإجبارى لا يلزم إلا إذا ثبت وجود فروق فى الغذاء هامة ترجع إلى عملية التحوير الوراثى . كان التغير الوراثى فى حالة صويا مونسانتو يختص ببروتين يحور مسلك الإنزيم الذى يسده مبيد الأعشاب . لن يجد الجبن الغريب طريقة إلى منتجات زيت الصويا ، وإن كنا قد نجده فى أغذية أخرى مصنوعة من الصويا . مضت مونسانتو لتعضد قضيتها بأن نشرت بيانات توضح عدم وجود اختلافات بيوكيماوية بين التركيب الكيماوى للصويا المحورة وغير المحورة .

تجادل الصناعة الغذائية بأنه طالما كانت الطرق التقليدية للتغيير الوراثى ـ كالتهجين بين سلالات المحاصيل ـ لا تحتاج إلى أن تُبَطَّق على المنتج ، فمن غير اللازم أن تُبَطَّق تقنيات الهندسة الوراثية هى الأخرى ، فالمنتج الغذائى

النهائى ليس مختلفاً . تختص المعلومات التى توضع على بطاقات الأغذية ، عموماً ، بتركيب ومواصفات الغذاء لا بتفاصيل عمليات تصنيعه ، وتبطيق كل الأغذية التى تستخدم الهندسة الوراثية فى مرحلة من مراحل إنتاجها - كما تقول الصناعة الغذائية - إنما سيعطى الإشارة إلى المستهلك بأن الغذاء بشكل ما غير مأمون ، بينما الوضع فى واقع الأمر ليس كذلك . وعلى هذا فإن البطاقات تَصِمُ الأغذية المحورة ظلماً . ثم إن التبطيق التفاضلى للمنتوجات المتكافئة من الدول المختلفة قد يصطدم باتفاقيات التجارة الدولية الحرة إذا رأت دولة أن منتجاتها تُسَوَّق فى غير إنصاف . كثيراً ما يكون المستهلكون غير عارفين بالتقنية الجديدة فى إنتاج الغذاء ، وقد يشعرون بالقلق نحو التحويرات فى غذائهم التقليدى . تقول الصناعات الغذائية إن تعريف الجمهور بهذه التكنولوجيا الجديدة لإنتاج الغذاء سيُعيد إليه الطمأنينة .

تزرع المحاصيل السلعية - كالصويا والذرة - كما ذكرنا فى مساحات شاسعة زراعةً تجارية . يُجمع إنتاج مناطق بحالها ويُباع دون تعبئة ، وبذا يمتزج المحور بغير المحور من المحصول ، الأمر الذى يجعل التبطيق عند خطوط التوزيع أمراً صعباً . يلزم أن تُفْصَل الأغذية المحورة وراثياً فى مرحلة مبكرة إذا كان للتبطيق أن يكون فعالاً ، لكن الصناعات الغذائية لا تجد فى هذا أمراً مقبولاً ، لاسيما وأنها تعتبر المنتج الغذائى النهائى مطابقاً . يقول منتجو المحاصيل السلعية إن الفصل سيتطلب تطوير نُظُم جديدة لتوزيع الغذاء ، وأنه سيسبب تصدعاً بالغاً فى النظم الحالية ، القومى منها والعالمى ، بل إن تكاليف الفصل فى بعض المحاصيل قد تفوق قيمة المُنْتَجِ نفسه ، وعلى هذا سيتعذر عمليا استخدام الخصائص التى تسمح للمزارعين بإنتاج الغذاء بشكل اقتصادى - خصائص مثل مقاومة الحشرات أو مقاومة مبيدات الأعشاب .

يُعَارَضُ التبطيق الإلزامى أيضاً لأسباب سياسية . طالب عدد من السياسيين بالمملكة المتحدة فى عام ١٩٩٦ بالتبطيق الإجبارى ، لكن اللجنة البرلمانية المنتدبة للعلوم والتكنولوجيا بمجلس الشيوخ البريطانى أوصت بألا تُبَطَّق الأغذية إجبارياً . وافقت لجنة بولكينجهورن لعام ١٩٩٣ ، وبعدها اللجنة الاستشارية للغذاء - المسئولة عن قرارات التبطيق بالمملكة المتحدة - وافقتا على أن تبطيق كل غذاء ينتج باستخدام الهندسة الوراثية هو أمر لا يتماشى مع مقتضى الحال .

ثم إن التبطيق الإجبارى قد يهدد أيضاً التطوير المستمر للأغذية المحورة وراثياً ، بسبب الممانعة المبدئية للمستهلك . سيكون هذا أمراً سيئاً بالنسبة للصناعة برمتها فى وقت تتوق فيه الكثير من الدول الصناعية إلى تشجيع تطوير البيوتكنولوجيا ، وقد يؤدى إلى التخلى عن مشاريع زراعية ربما أثمرت عوائدها فى المستقبل .

الحجج فى صف التبطيق الإجبارى : حق المستهلك فى الاختيار

أيا كانت التغيرات البيوكيماوية والمخاطر المحسوبة ، فإن التبطيق يمثل حقاً للمستهلك أن يعرف ما بغذائه ، وحَقَّهُ فى اختيار الغذاء الذى يشتريه ويأكله . أقلق جماعات المستهلكين أن يُنْكَر على المستهلك حقُّه الأساسى فى الاختيار . يرى الكثيرون من المستهلكين والجماعات البيئية أيضاً اختلافاتٍ جوهريةً بين الأغذية الناتجة عن الهندسة الوراثية وتلك الناتجة عن غير هذه من تقنيات التحسين الوراثى ، مثل الطرق التقليدية لتربية النبات . يقلقهم ما قد يحدث من تغيراتٍ فى تركيب الغذاء لا يمكن التنبؤ بها تجعله بطريقةٍ ما غير مأمون . هم لذلك يدفعون بضرورة تبطيق كل الأغذية المحورة وراثياً حتى يمكن للناس أن يتخذوا عند الاختيار قرارات مدروسة .

قد يكون لدى المستهلكين لأىٍّ ما سبب اعتراضات أخلاقية أو معنوية ضد الهندسة الوراثية فى ذاتها ، غير أن إصرار الصناعات الغذائية على أن يكون التبطيق مبنياً على أسس علمية سَيُحِدُّ من حرية هؤلاء فى الاختيار . صحيح أننا قد نستطيع أن نثبت علمياً أن الأغذيةَ من المحاصيل المحورة مطابقةٌ لغيرها من غير المحورة ، إلا أن المستهلك قد يرغب فى تجنب هذه الأطعمة بسبب طريقة تصنيعها .

يرتكز التأكيد بتطابق الأغذية المصنعة باستخدام مقومات محورة أو غير محورة ، على مبدأ التكافؤ الوطيد ، وهذا يتضمن تَكْمِيَةَ quantifying عدد من خصائص الغذاء المنتقاة ، فإذا ظهر أنها متكافئة اعتُبرت الأغذية متكافئة فى كل الخصائص الأخرى . يؤكد نقاد هذا المنهج على أنه يركز على المخاطر المحتملة التى يمكن توقعها بناء على خصائص معروفة ، بينما يُهْمِلُ المخاطر التى لا يمكن التنبؤ بها والتى قد تنشأ عندما تُحَوَّر الكائنات باستخدام الهندسة الوراثية .

وقد تحتوى الأغذية المحورة وراثياً على جيناتٍ لمقاومة المضادات الحيوية تُستخدم كواسمات فرازة ، وهذه قد لا تؤثر فى التركيب الكيماوى للأطعمة ، لكنها تثير القلق . اقترحت جماعات المستهلكين أن وجود هذه الجينات ، هى وغيرها من الصور الأخرى من الواسمات ، تُسَوِّغ التبطيق الإجبارى للمنتَج الغذائى بغض النظر عن وجود جينات أخرى . سَبَّبَ جينٌ واسمٌ يشفِّر لمضاد حيوى فى حالة ذرة سيبا- جايجى / نوفارتيس ، سَبَّبَ من القلق ما سببته جيناتٌ تشفر لسُمٍّ نوعى للحشرات ، وإنزيمٌ يُبْطِلُ سمية مبيد أعشاب ، وذلك بالنظر إلى الخطر الكامن على صحة الإنسان من هذا الواسم .

تزايد فى التسعينات تعضيد المطالبة بتبطيقٍ واضح دالٍّ للأغذية المحورة وراثياً . لم تكن الشحنات المختلطة من فول الصويا المحورً وغير المحور تعطى

بائعى التجزئة أو المستهلك مجالاً للاختيار عند شراء الأطعمة المُصَنَّعة التى قد تحمل الصويا المهندسة وراثياً . بحلول ديسمبر ١٩٩٦ كان ثمة ما يزيد على ثلاثمائة من منظمات المستهلكين ومنظمات الصحة والزراعة وقد شرعت فى مقاطعة عالمية للصويا والذرة المحورة وراثياً . حثت المنظمات المشتركة المستهلكين على مقاطعة منتجات بذاتها : كرانش نسله ، سيميلاك (بديل لبن الأطفال) ، بطاطس ماكدونالدز المقلية ، تتبيلة سلطة كرافت ، دقيق شوفان كويكر ، الكوكاكولا . أما فى الولايات المتحدة فقد نشطت بخاصة مؤسسة « الاتجاهات الاقتصادية » ، ورئيسها جيريمى ريفكين ، فى تحريك المعارضة ضد الأطعمة المحورة وراثياً . كان موقفهم بالنسبة للوائح التبطيق هو : « إذا كان منتجو الغذاء فخورين بمنتجات (العالم الجديد الشجاع) هذه ، فلماذا يخافون من تبطيقها ؟ » من بين الجماعات ذات الصوت العالى التى انضمت إلى المحتجين كانت جماعة الطهاة . انضم ١٥٠٠ طباخ بالولايات المتحدة إلى « حملة الطعام النقى» ، ووضعوا ملصقات على قوائم الطعام تقول : «نحن لا نقدم أطعمة مهندسة وراثياً » . أما فى بريطانيا ، فقد أعرب كبار الطهاة عن « قلقهم من عدم تبطيق ما يقدمونه إلى زبائنهم من أطعمة قد تحتوى على منتجات محورة وراثياً » .

أوروبا تتخذ قرارها

فى يوم ١٢ مارس ١٩٩٦ اتخذ البرلمان الأوروبى - الجمعية التشريعية للاتحاد الأوروبى - قراراً يدعو إلى أن تُبَطَّق كل المنتجات المهندسة وراثياً بما يفيد هذا التحوير ، وأن تُباع مستقلة عن المنتجات غير المحورة . على أن البرلمان - ودوره فى الأصل استشارى - كان لا يزال بعيداً بعض الشىء عن أن تُدرج طلباته فى تشريعات الاتحاد الأوروبى . اعترى القلق جماعات الخُضر ، بحق ، عندما سعت المفوضية الأوروبية إلى تمرير خمسة (من بين

ستة) تعديلات رئيسية أقرها البرلمان الأوروبى فى تشريعات تبطيق الأغذية المحورة وراثياً . كان موقف البرلمان الأوروبى على خلاف رغبة المفوضية فى تجنب التبطيق الإجبارى . ومثلما كان الوضع بالنسبة لقرار الموافقة على دخول الأغذية المحورة وراثياً إلى السوق الأوروبى ، كان من بين الأسباب الرئيسية لمقاومة المفوضية للتسويق أن ذلك قد يقدح زناد حرب تجارية مع الولايات المتحدة .

جادلت متعددات الجنسية ذات المقر الأمريكى بأن التبطيق قد يشكل عائقاً أمام التجارة - يحابى الأغذية غير المحورة غير المبطقة فى أوروبا على حساب معادِلاتها من الولايات المتحدة . تحتوى الأغذية المحورة على نفس المقومات ، سوى أنها نتجت عن الهندسة الوراثية . واتفاقيات التجارة لا تولى اعتباراً لطرق الإنتاج . تساند منظمة التجارة الدولية (م ت د) حقوقَ التجارة الحرة ، ولها سلطة فرض العقوبات على الدول التى تتجاهل أحكامها . تتطلب هذه الأحكام من الدولة المستوردة أن تقدم الدليل على أن المنتَج ضار ، ولا تطالب الدولة المصدرة بأن تثبت أنه مأمون . دافعت الولايات المتحدة عن مصالحها التجارية مستخدمةً اتفاقيات التجارة فى بضع حالات سابقة . فعلى سبيل المثال . عندما تحركت كندا لحظر الأغذية المشععة بسبب قلق المستهلكين ، اعتُبر هذا الحظر غير قانونى تحت نصوص اتفاقية التجارة الحرة بين كندا والولايات المتحدة . ولقد استخدمت الشركاتُ بالولايات المتحدة م ت د لإلغاء حظرٍ للاتحاد الأوروبى على منتجات ماشية معاملة بالسوماتوتروبين البقرى ، كما سبق وذكرنا . فى نفس الوقت فشل اقتراح أوروبى ، مرة بعد مرة ، لحظر فراء الحيوانات التى يتم صيدها بفخاخ الرِّجْل leg_hold traps ، بسبب ادعاءات الولايات المتحدة وكندا وروسيا بأن هذا انتهاك لحقوق التجارة الحرة . كما أهملت المفوضية الأوروبية أيضاً

أمراً توجيهياً يحظر بيع المنتجات المختبرَة على الحيوانات ، بسبب احتمال انتهاكه لاتفاقيات التجارة الحرة .

على نهاية عام ١٩٩٦ كانت ألمانيا والنمسا والدانيمرك والسويد تعضد التطبيق الكامل لكل الأغذية المحورة وراثياً . فى نحو ذلك الوقت أعربت لجنة البيئة التابعة للبرلمان الأوروبى عن قلقها من العدد الكبير من الترخيصات الذى أصدرته المفوضية الأوروبية تحت الأمر التوجيهى ٩٠/٢٢٠ قبل أشهر معدودة من استصدار قانون بلائحة جديدة مقترحة . ادعت لجنة البيئة أن هذا يعرِّض قضية التطبيق للخطر ، لأن اللائحة الجديدة تتطلب اجراءات أكثر انضباطاً للتبطيق .

وفى ديسمبر ١٩٩٦ وافق الاتحاد الأوروبى بعد مناقشات مطوله على لائحة « الأغذية الجديدة ومقومات الأغذية » . تمثل هذه اللائحة حلا وسطاً للتطبيق ، ولا تطلب وضع بطاقات على كل الأغذية الناتجة من الكائنات المحورة وراثياً . يجرى تبطيق الأغذية تحت هذه اللائحة الجديدة ، فقط إذا كانت تحتوى على كائنات «حية» محورة وراثياً ، أو إذا كانت تحمل مقوماتٍ محورة ليست معادِلة للمقومات الموجودة فعلاً ، أو كانت تحتوى على مواد ليست موجودة بالأطعمة الأصلية أو مواد تتسبب فى مشاكل أخلاقية - كجينات الحيوانات . على المتقدمين أن يقدموا بطاقة يُنْظَر فى أمرها بالنسبة للأغذية المحورة من الفئات السابقة . أقر البرلمان الأوروبى فى ستراسبورج بتاريخ ١٦ يناير ١٩٩٧ لائحة الأغذية الجديدة ومقومات الأغذية هذه ، وأصبحت سارية المفعول ابتداء من ١٥ مايو ١٩٩٧ تحت اسم لائحة ٢٥٨/٩٧/إ أ (=الاتحاد الأوروبى) . تُطَبّق اللائحة على المواد الغذائية أو مقومات الغذاء التى يبدأ عرضها فى السوق بعد ١٥ مايو ١٩٩٧ ، ولا تطبق على المنتجات التى سبق الموافقة عليها ، ولا على الأحد عشر مُنْتَجاً التى

كانت لا تزال تحت الفحص . وعلى هذا فإن الذرة عبر الجينية والصويا عبر الجينية التى سبق الموافقة على تسويقها لا تحتاج إلى تبطيق . على أن البرلمان الأوروبى قد طالب بأن يطبق قانون الاتحاد الأوروبى بأثر رجعى بحيث يغطى ذرة سيبا – جايجى / نوفارتيس المحورة .

هوجمت هذه اللائحة الجديدة لأنها غامضة جداً بحيث تتعدد تفسيراتها ، ولأنها عريضة للغاية . هاجمها عدد من جماعات البيئيين ، من بينها جماعة جرينبيس ، التى قالت إنها تهيىء المنافذ لمن يود تجنب تبطيق أغذية تحتوى على مقومات مهندسة وراثياً . فالأغذية تحتاج إلى التبطيق إذا كانت « معادلةً فعلياً » للمنتجات الموجودة . وعلى هذا فإن الأغذية المصنَّعة ، كتلك التى تحتوى على صويا مهندسة وراثياً ، لا تحتاج إلى تبطيق ، لأنها تعتبر «ميتة» أو لا « تختلف فعلياً» عن الأغذية المعادلة غير المحورة . كما لا تحتاج إلى التبطيق أيضاً تحت هذه اللائحة أغذيةٌ أخرى مصنعة مثل عجينة الطماطم وجبن النباتيين . لكن اللائحة تُلزم بتبطيق كل الفواكه والخضراوات الطازجة . فعلى سبيل المثال ، تحتاج طماطم فليفر سيفر أن تبطَّق ، وهى التى وافقت المملكة المتحدة على أن تؤكل طازجة ، كما اعتبرها الاتحاد الأوروبى عام ١٩٩٧ خاضعةً للأمر التوجيهى ٩٠ / ٢٢٠ . تقول ندوة علم الوراثة إن نسبة ما يتطلب التبطيق من كل الأغذية الناتجة باستخدام الهندسة الوراثية لا يتعدى ٥ أو ١٠٪ . انتقدت جرينبيس أيضاً اللائحة لأنها لم تضع قواعد لمكان وضع البطاقة ولصياغتها أو حجمها . وهذا قد يؤدى إلى بطاقات تقول « مُنْتَجَة بأحدث التكنولوجيات » أو أية عبارة أخرى غامضة . ثم إن اللائحة لم تعالج تعقيدات سلاسل التموين الغذائى ولم تتعرض لقضية مهمة هى قضية تمييز المحوَّر عن غير المحوَّر من الأغذية .

كانت اللائحة الجديدة تشبه قوانين تبطيق الأغذية بالولايات المتحدة فى

ذلك الحين ، حيث لا يلزم تبطيق الأغذية المصنوعة باستخدام أية عمليات للهندسة الوراثية أو البيوتكنولوجيا إذا ما كان تركيب الغذاء معادلاً عملياً للأغذية المُنْتَجَة باستخدام الطرق التقليدية . على أن ضغوط المستهلكين والضغوط السياسية فى أوروبا كانت تتعاظم تطلب تشريعات تبطيق أكثر صرامة .

يرى المكتب الأوروبى لاتحادات المستهلكين أنه من اللغو أن تبطَّق المنتجاتُ المصنّعةُ من واردات ممتزجة فى المحاصيل المحورة وغير المحورة ، ببطاقات تقول إنها قد تحتوى على مواد محورة وراثياً . ستنتشر مثل هذه البطاقات ، إذ لا يكاد يخلو - مثلاً - غذاء مصنَّع من منتجات الصويا . دعا المكتب الأوروبى هذا بائعى التجزئة وأرباب الصناعات الغذائية أن يبذلوا ضغوطهم على المورِّدين كى يفصلوا بين الشحنات حتى يمكن للتبطيق أن يكون فعالاً . على أن اللائحة الجديدة ، إذ فرضت التبطيق على المنتجات التى حدث بها بسبب الهندسة الوراثية أكبر تغير فى التركيب ، هذه اللائحة كانت محاولة أولى لتثير انتباه المستهلكين إلى ما يسببه عدم الفصل من ارتباك .

أحس تجار التجزئة بأنهم عاجزون نسبياً عن التحكم فيما يشترون من صويا وذرة ، بسبب الشحنات المختلطة التى وصلت عام ١٩٩٦ . عَبَّر أحد المديرين بسلسلة آيسلاند Iceland بانجلترا - مثلاً - عن غضبه وإحباطه وقال إن « سماح مونسانتو بتسويق منتجات لا يمكن تبطيقها على نحو واف كان أمراً غير مسئول » . وفى أواخر عام ١٩٩٦ عضدت سلسلةُ أيسلاند وجماعاتُ التجزئة التعاونية نداءاتِ المستهلكين بضرورة تبطيق الأغذية المحورة وراثياً . يبدو أن معظم محلات السوبر ماركت فى انجلترا لم تكن من ناحية المبدأ تعارض الأغذية المحورة وراثياً ، لكنها قالت إنها إنما تود أن تسمح لزبائنها بحرية الاختيار ، إذ توفر لهم منتجات تضمن أنها غير محورة وراثياً .

اختارت تيسكو Tescoوآيسلاند وسومرفيلد Somerfieldألاً تستخدم فى منتجاتها الخاصة سوى الصويا غير المحورة ، ولقد وقَّع بعض الموزعين الأمريكان معها اتفاقيات لتوفير مصادر صويا غير محورة ابتداء من عام ١٩٩٧ . وعلى هذا فإن التبطيق الإجبارى ـ عملياً ـ لن يتسبب الآن فى انتشار تبطيق كل الأغذية المصنَّعة ، لأن تجار التجزئة قد مضوا يبحثون عن الأطعمة والمقومات غير المحورة . وعلى سبيل المثال ، ارتفعت صادرات كندا من الصويا مع زيادة الطلب على مصادر الصويا غير المحورة .

تستجيب محلات السوبر ماركت فى مناطق أخرى من أوروبا ، أيضاً ، إلى زيادة القلق لدى المواطنين ، فلقد حظرت سلسلة السوبر ماركت السويسرية الشهيرة ميجروس Migrosفى أوائل ١٩٩٧ أن تعرض على أرففها المنتجات التى يُحتمل أن تحتوى على صويا محورة . لم يُحَوَّر عام ١٩٩٦ من فول الصويا والذرة إلا حصة صغيرة نسبياً ، أما فى عام ١٩٩٧ فقد زُرعت من البذور المحورة حصة أكبر ، وستزداد هذه النسبة فى السنين القادمة ، الأمر الذى سيدفع بائعى التجزئة إلى التأكيد على أن قضية التبطيق قد أصبح لها الآن من الأهمية ما يحتاج إلى الحسم .

فى ديسمبر ١٩٩٦ أعلنت الصناعات الغذائية فى هولندة أنها ستشير بالبطاقات فوق منتجاتها الغذائية إلى ما إذا كانت تحمل أية مقومات من صويا محورة وراثياً . وبدءاً من أبريل ١٩٩٧ ظهرت البطاقات بالمحلات ، لتمثل أول تحرك كهذا فى أوروبا . فتح هذا أيضاً فجوة محتملة فى السوق الأوروبية الموحدة ، فللدول الأوروبية الأخرى أن تعتبر هذه الحركة الهولندية معوقاً للتجارة . وبعد فترة وجيزة أعلنت فرنسا والدانيمرك أيضاً أنهما ستطلبان تبطيق الأغذية المصنعة بصويا وذرة مهندسة وراثياً . أما فى مارس ١٩٩٧ فقد انتهزت النمسا انعقاد اجتماع مجلس البيئة لتنادى بمد شروط

التـبطيق . واسـتجـابةً لهـذه المبـادرات قـررت المفـوضـيـة الأوروبيـة أنَّ للدول الأعضاء أن تفرض قوانين قومية لتبطيق الأغذية المحورة وراثياً .

فى أبريل ١٩٩٧ أومأ فرانتس فيشلر ، المفوض الزراعى للاتحاد الأوروبى ، إلى تغير موقف المفوضية الأوروبية فى اتجاه رأى المستهلكين ، وكان ذلك من خـلال صـفـحـتـه على « شـبـكة العـالم أجـمع » World Wide Web (WWW) ، إذ أعرب فيها عن رأيه الخاص بضرورة التبطيق دون النظر إلى اختلاف الأغذية أو عدم اختلافها عن المنتجات التقليدية ، وبضرورة أن يتم الفصل والتبطيق على طول سلسلة الإنتاج والتوزيع من المزرعة وحتى تاجر التجزئة .

ظلت الصناعات الغذائية تصر على أن الفصل بين المنتجات ليس خياراً مطروحاً ، لكن منظمات المستهلكين وتجار التجزئة فى أوروبا ـ ومعهم اتحاد تجار التجزئة البريطانى ـ كلها كانت ترى أن المفروض أن يكون الفصل ممكناً . تلقت ادعاءات الصناعات ضربة قاسية من التقارير التى قالت إن المزارعين وتجار الحبوب بالولايات المتحدة قد قاموا بالفعل بفصل الذرة المحورة وراثياً بطريق غير رسمى . فى عام ١٩٩٧ أعادت سيبا – جايجى شراء نسبة كبيرة من محصول ذُرَتِها البى تى لتبيعها كبذور للموسم التالى ١٩٩٨ ، بينما وعدت ديكوجين أن تعيد شراء أى كمية من ذُرَتِها البى تى (نيتشرجارد NatureGard) لم يستطع المزارعون بيعها . إن الفصل يصبح أمراً ضرورياً فى مثل هذه الحالات . فى نفس الوقت قام بعض المزارعين والتجار بفصل ما لديهم من ذرة ، فقد كانوا يعرفون ما يجرى من جدل فى أوروبا ، ولم يرغبوا فى أن تتسبب نسبة ضئيلة من الذرة المحورة فى التأثير على شحناتهم .

زاد الاتحاد الأوروبى من تصلب موقفه بشأن التبطيق خلال يونيو ويوليو ١٩٩٧ ، استجابةً للضغوط المتزايدة من الدول الأعضاء ومن جماعات

المستهلكين ، فأصدر قوانين جديدة تتطلب التبطيق الاجبارى لكل الأغذية المحورة وراثياً . وافق الاتحاد فى ٢٣ يوليو على ضرورة أن يُبَطِّق المصنِّعون كل منتجاتهم ، بما فيها الأغذية المصنّعة ، بحيث توضح البطاقات ما إذا كانت المنتجات « تحتوى » ، أو « قد تحتوى » على مقومات مهندسة وراثياً . ولقد تُذْكَرُ أيضاً نسبة المادة المحورة وراثياً فى المنتجات . وهذا يعنى أنه بدءاً من ٣١ يوليو ١٩٩٧ سيصبح على الشركات أن تقدم بطاقةً مُقْتَرَحَة مع طلب الموافقة على التسويق . أُدخلت إرشادات التطبيق هذه فى الأمر التوجيهى ٩٠ / ٢٢٠ كجزء من المراجعة الشاملة لهذا الأمر فى أواخر ١٩٩٧ . على أن القوانين الجديدة لم تَمْضِ إلى حد فرض إجراء الفصل .

أَملت المفوضية الأوروبية أن تُوَجِّهَ الإرشادات لطمة ضد الفصل ، لأن مزج المنتجات المحورة بغير المحورة لم يعد يعفى الأغذية من التبطيق . ولتجنب انتشار بطاقة « قد يحتوى » تستخدم بطاقة « يحتوى » عند وجود أية شواهد على أن المنتجات تحتوى على مادة محورة وراثية . سيُساعد فى هذا عدد من تقنيات التحقق التى تتطور الآن بسرعة .

فى سنة ١٩٩٧ كادت إرشادات المفوضية الأوروبية بخصوص التبطيق أن تفسد العلاقات التجارية بين الاتحاد الأوروبى والولايات المتحدة . أكدت الولايات المتحدة أنها لن تتخلى عن موقفها بالنسبة لقضية الفصل ، لتجعل إرشادات التبطيق صعبة التطبيق . وبالإضافة إلى ذلك فقد يتقرر عدم قانونية لائحة التبطيق تحت قواعد منظمة التجارة العالمية ، إذا رأت الولايات المتحدة أن تعترض عليها فى أى وقت . لكن قرار المفوضية بعدم مد القانون إلى موضوع الفصل ، مما يسمح للشركات بأن تعمل بمقتضى الأمر التوجيهى ٩٠ / ٢٢٠ دون الحاجة إلى فصل المنتجات المحورة عن غير المحورة ، هذا القرار قد يكون كافياً كتنازل يقى من التبطيق الإجبارى . فى هذه الأثناء كان ثمة

ضغوط تبذل داخل أوروبا لإقرار الفصل . على أن المفوَّض الزراعى فرانتس فيشلر لم يتمكن من اقناع وزير الزراعة الأمريكى دان جليكمان بقبول مبدأ الفصل ، لأن الولايات المتحدة تعتقد أنه يشكل خطراً على صادراتها الزراعية . وعلى هذا فقد كان على المفوضية الأوروبية أن ترفض الفصل بسبب عقوبات تجارية أمريكية خاصة .

كان المفروض أن يبدأ تطبيق التبطيق الإجبارى بالاتحاد الأوروبى فى أول نوفمبر ١٩٩٧ ، وأن يطبق بأثر رجعى على صويا مونسانتو راوندأب ريدى ، وعلى ذرة بى تى شركة نوفارتيس . أَجَّلت المفوضية الأوروبية تنفيذ القوانين تحت الضغوط السياسية والتجارية المستمرة . فى الوقت نفسه بدأت متعددات الجنسية فى ١٩٩٧ التحرك نحو التبطيق ، إذ توقعت صدور قرارات أكثر صرامة ، فقد أعلنت نوفارتيس مثلاً أنها ستشْرع فى تبطيق بعض منتجاتها المحورة وراثياً ، وبدأت بوضع بطاقات على أجولة بذور الذرة للتعريف بمحتواها من بذور محورة أو غير محورة ، كما بدأت شركة بلانت جينيتيك سيستمز فى تبطيق أجولة بذور الكانولا عبر الجينية ، كشرط لموافقة الاتحاد الأوروبى على تسويقها فى عام ١٩٩٧ .

التبطيق السلبى والغذاء العضوى

وعلى الرغم من أن متعددات الجنسية ومنظمة التجارة العالمية واتفاقيات التجارة الحرة قد أحبطت فى النهاية التبطيقَ الإجبارى لكل الأغذية المحورة وراثياً ، إلا أن الوقائع الأخيرة قد أثبتت وجود سوق مفتوح للأطعمة إذا بطقت على أنها خالية مؤكداً من المقومات المحورة وراثياً ، أو أنها قد صنِّعت دون استخدام الهندسة الوراثية . ثار قلق بعض قطاعات الصناعات الغذائية بشأن مثل هذا التبطيق السالب ، الذى قد يلتهم بعضاً من حِصَّتها فى السوق . صحيح أن كبريات متعددات الجنسية فى الصناعات الغذائية قد

أثارت مناقشات اقتصادية ضد فصل المحاصيل التجارية ، إلا أن بعض الموردين قد تمكنوا من الحصول على امدادت من هذه المحاصيل مضمونة غير محورة لتصنيع منتجات ، تحمل البطاقات الإجبارية ، للأسواق الملائمة .

قالت جماعات المستهلكين فى حملتها للتبطيق الإجبارى لكل الأغذية المحورة وراثياً ، قالت إن هذه المحاصيل هى النقيض للأغذية الطبيعية . ولقد ساعد هذا الضغط فى منع كل غذاء ناتج عن محاصيل عبرجينية من أن يُبَطَّق على أنه «عضوى» - فى أوروبا وفى الولايات المتحدة . وعلى هذا فإن زراعة المحاصيل عبر الجينية تحت الظروف العضوية لا يمنحها بطاقة «عضوية» . مَدَّ أعضاء البرلمان الأوروبى فى مايو ١٩٩٧ القانون ٢٠٩٢ / ٩١ بشأن الإنتاج العضوى للمنتجات الزراعية ، ليشمل المنتجات الحيوانية بجانب المحاصيل النباتية . وهذا يعنى أن استخدام الهندسة الوراثية فى الحيوان أو فى المحاصيل سيمنع الغذاءَ الناتجَ من أن يبطَّق « كعضوى » لحماية ثقة المستهلك فى المنتجات العضوية . وافق الاتحاد فى ديسمبر ١٩٩٦ على تبطيق المنتجات العضوية على أنها خالية من الكائنات المحورة وراثياً (ك م و GMO) ، واقترح أن يُصَكَّ لوجو بهذا المعنى يوضع على منتجات المزارع العضوية بدءاً من يناير ١٩٩٨ فى الاتحاد الأوروبى . وفى استجابة لهذا الاقتراح ، هددت الحكومة الأمريكية ومتعددات الجنسية المتمركزة بالولايات المتحدة باتخاذ الإجراءات القانونية من خلال منظمة التجارة العالمية إذا ما ظهر هذا اللوجو . حاولت مونسانتو قبل ذلك أن تقاضى شركاتٍ بالولايات المتحدة حاولت أن تبطق منتجات ألبانها على أنها خالية من السوماتوتروبين البقرى الناتج عن الهندسة الوراثية ، عندما وجدت لمثل هذا التبطيق أثراً إيجابياً على مبيعات هذه الألبان .

وفى يوليو ١٩٩٧ مَدَّت إرشادات المفوضية الأوروبية استخدام التبطيق السالب ، بأنَ سمحت للمصنِّعين أن يبطّقوا طوعياً أى طعام أُجيز على أنه لا يحمل مقومات محورة وراثياً ببطاقة تقول إنه « لا يحتوى على » أو « لا يتضمن » . فى نفس الوقت بدأ تجار التجزئة هنا وهناك فى أوروبا يمدون التبطيق الطوعى إلى الأغذية المحورة وراثياً . أعلن اتحاد تجار التجزئة البريطانى مثلاً أن سلاسل السوبر ماركت الرئيسية ببريطانيا ستبطّق من ١٩٩٨ المنتجات التى تحمل صويا أو ذرة أمريكية على أنها تحتوى على مقومات محورة وراثياً .

تمت الموافقة على التبطيق الإجبارى للأغذية المحورة وراثياً - فى أوروبا على الأقل - بسبب الضغوط المتواصلة من المستهلكين والسياسيين ، بينما بدأ تجار التجزئة يوفرون امدادات بديلة من المحاصيل التجارية للزبائن الذين لا يرغبون فى الأطعمة المصنوعة بمقومات مهندسة وراثياً . لكن ارشادات التبطيق الإجبارى للمفوضية الأوروبية لا تزال عملياً واقعة تحت تهديد قوانين التجارة الحرة ، ولا زالت الشركات متعددة الجنسية والحكومة الأمريكية مستمرة فى مقاومة فصل المحاصيل ، ذاك الذى سيجعل التبطيق أكثر فعالية ، ومعنى هذا أن ما كسبه المستهلكون فى حرية الاختيار لا يزال ناقصاً ، وقد لا يدوم طويلاً .

الفصل الرابع عشر

الآثار على العالم الثالث

سيكون لتطبيقات الهندسة الوراثية فى الزراعة آثار عديدة على العالم الثالث ، البعض منها شبيه بتلك التى نراها بالدول الصناعية . سَيُوَاجَه المستهلكون فى كل مكان بنفس المخاطر الصحية المحتملة (أنظر الفصل الثامن) وبنفس المقاومة لتبطيق الأغذية المحورة وراثياً (أنظر الفصل الثالث عشر) . طُوِّرت المحاصيل عبر الجينية وسط وعود بأنها ستساعد العالم الثالث فى أن يُطْعِم نفسَه ، غير أن هذا الادعاء على ما يبدو قد أَهمل العوامل الاجتماعية والسياسية المعقدة التى تُسْهِم فى الجوع . فى الوقت نفسه سنجد أسواق المنتجات الزراعية التى تهم اقتصاديات العالم الثالث وقد هَدَّدتها بالدول الصناعية بدائلُ تُزرع باستخدام البيوتكنولوجيا الحديثة لزراعة الأنسجة أو بالعبرجينيات من محاصيل المناطق المعتدلة .

ثم إن الكثير من المخاطر الإيكولوجية المحتملة التى قد تنجم عن الكائنات المحورة وراثياً يماثل ما نلقاه بالدول الصناعية (أنظر الفصل السابع) ، وإن كان التعارض أكثر وضوحاً فى العالم الثالث بين النُّظُم التقليدية فى الزراعة وبين النظم المكثفة المثلى لزراعة المحاصيل عبر الجينية . قيل إن استخدام الهندسة الوراثية سيؤدى إلى مدخلات كيماوية أقل بسبب دمج مقاومة الآفات ومقاومة الأمراض فى النبات ، إلا أن المحاصيل عبر الجينية حتى الآن لم تكن متناغمة مع الزراعة المتواصلة sustainable agriculture .

المحاصيل عبر الجينية والجوعى فى العالم

هل من الممكن أن تساعد الهندسة الوراثية فى التخفيف من الجوع

والمجاعات بالدول النامية ؟ المؤكد أن الشركات متعددة الجنسية المشتغلة فى إنتاج المحاصيل عبر الجينية تعتقد بصحة هذا ، بل وتستخدمه فى الترويج لبيع محاصيلها هذه عبر الجينية . على أن النقاد يجادلون بأن مثل هذه الادعاءات تُهمل الأسبابَ الرئيسية للجوع والمجاعات ، ويؤكدون على أن زيادة كمية الطعام فى كوكبنا ليست بالضرورة هى الحل لإطعام الجوعى من هذا العدد المتزايد من البشر . ركزت متعددات الجنسية على تطوير محاصيل تعطى عوائد عالية ، لا على تطوير المحاصيل التى تُسهم فى حل مشاكل الطعام فى العالم . من المنطقى أن نتوقع أن تسعى الشركات لترفع من أرباحها إلى أقصى حد ، لكن ليس هناك حتى الآن ما يزكِّى ادعاءاتها بأنها تقدم إسهامات هائلة فى إمدادات العالم الغذائية .

تزايد إنتاج العالم من الغذاء فى العقود الأخيرة بمعدل بلغ نحو ١ %فى العام . لكنْ ، تزايد أيضاً عدد من لا يجدون الغذاء الكافى . والجوع لا يأتى بسبب تفاقم قلة الغذاء ، وإنما لأن هذا الغذاء لا يصل إلى من يحتاجه . تقدر منظمة الغذاء والزراعة (الفاو) التابعة للأمم المتحدة أن هناك بالعالم ٨٠٠ مليون شخص لا يجدون من الغذاء ما يكفى حاجاتهم الأساسية ، بينما يعانى ٤٠ %من مجموع سكان العالم من سوء التغذية . والسبب الرئيسى لسوء التغذية هو الفقر . والفقر ينشأ عن مزيج معقد من العوامل الاجتماعية والسياسية . للنمو السكانى أهمية كبيرة ، لكنه موصول بطبيعته بقضايا الفقر والأمن الغذائى . أما الظروف التى رسَّخت هذا الفقر المتفشى بالعالم الثالث فقد وقعت فى عصر الاستعمار . ولقد بقيت هذه الظروف أيضاً فى مرحلة ما بعد الاستعمار ، بسبب ديون العالم الثالث ، واتفاقيات التجارة الحرة ، والزراعة الصناعية التى ركزت على الزراعات الأحادية لمحاصيل التصدير ، بجانب عوامل أخرى . المحاصيل عبر الجينية فى بعض الحالات هى بعضٌ من مشكلة الفقر فى العالم الثالث ، وليست الحل لها .

ولقد تناقصت بثبات قدرة أفريقيا على إطعام نفسها خلال العقود القليلة الماضية ، لأن محاصيل التصدير قد حلت محل محاصيل الغذاء التى تزرع للاستهلاك المحلى . وإنتاج محاصيل التصدير لا يرتبط بالحاجات الزراعية المحلية بدول العالم الثالث ، فلقد نجد قطاعات تصدير زراعية مزدهرة فى بعض الدول التى تعانى من الأزمات . ففى أثناء المجاعة الإثيوبية عام ١٩٨٤ ، كانت الدولة تصدر إلى أوروبا بنًا ولحوماً وفواكه وخضراوات . وفى أواسط الثمانينات ، عندما ضربت المجاعة دول الساحل : بوركينافاسو ، ومالى ، والنيجر ، والسنغال ، وتشاد ، كانت هذه الدول تنتج محصولاً قياسياً من القطن للتصدير إلى الدول الصناعية . سياسات الحكومات ووكالات العون هى المسئولة عن قرارات زراعة المحاصيل النقدية ، كالقطن ، لا المحاصيل التى توفى بالحاجات الغذائية الوطنية . يُظن عادة أن الجفاف هو سبب المجاعات ، لكن السياسات الزراعية كثيراً ما تكون هى السبب الجذرى للجوع .

تناقص بصورة عامة التنوعُ فى محاصيل العالم الرئيسية ، إذ حلت المحاصيل النقدية أو محاصيل التصدير - التى عادة ما تزرع زراعة أحادية - محل محاصيل الغذاء المحلية . والزراعات الأحادية دائماً ما تكون عرضة لتفشى الآفات والأمراض بسبب تماثلها الوراثى ، أما المحاصيل المتنوعة وراثياً فالأغلب أن يكون بها من النباتات ما يستطيع أن يقاوم الآفات والحشرات . تكشف الزراعات الأحادية من النباتات عبر الجينية عن درجة عالية من التماثل الوراثى ، الأمر الذى يثير احتمال الاخفاق الكامل للمحصول فى مواجهة الآفات أو الأمراض الضارية ، بل لقد اتُّهمت الزراعات الأحادية فى كثير من الحالات فى الماضى بأنها السبب فى إخفاق المحاصيل . فمجاعة البطاطس فى أيرلنده فى أربعينات القرن الماضى كان سببها لفحة البطاطس من الفُطْر فيتوفثورا إنفستانس *Phytophthora infestans* الذى دمر محصولاً من سلالة واحدة لا أكثر وأدى إلى وفاة ما يزيد على المليون

شخص . ثمة سلالات من هذه اللفحة تهدد المحاصيل اليوم ، ولقد ظهر أكثر ما عُرف منها ضراوة بالمكسيك عام ١٩٩٢ . بل وسنجد أن بعض السلالات قد غدت الآن مقاومةً تماماً لمبيدات الفُطريات . هدد التماثل المفرط أيضاً محصول الذرة بالولايات المتحدة فى عام ١٩٧٠ ، وقد ثبت أن هذا المحصول حساس للغاية لفطر لفحة الأوراق هلمنثوسبوريوم مايزيس *Helminthosporium maysis* الذى انتشر من الجنوب شمالاً بسرعة بلغت ١٥٠ كيلومتراً فى اليوم ودمر تماماً ١٥ %من المحصول الكلى للذرة بأمريكا .

بالكثير من دول العالم الثالث مصادرُ وراثية تضمن لها مدًا متواصلاً من الغذاء ، فمزارعو الهند مثلاً يزرعون أكثر من خمسين ألف صنف من الأرز . أوضح مَسْحٌ أُجرى بقرية واحدة فى شمال شرق الهند أن الفلاحين يزرعون هناك أكثر من سبعين صنفاً . وهذه الاستراتيجية تعنى أنه إذا ما حدث وتعرضت بعض هذه الأصناف إلى مشاكل من الآفات أو الأمراض فى سنة ما ، فإن غيرها سوف يحيا . أما الأصناف المحلية ، التى تسمى أحياناً بالأصناف البلدية ، فقد جرى تربيتها على مدى أجيال طويلة ، وأصبحت مكيفة للظروف المحلية بمنطقة تربيتها . ليس للمحاصيل عبر الجينية مثل هذا التكيف المحلى . وعلى هذا فإن تربية النبات التقليدية تحل المشاكل بصورة كافية وتصون فى نفس الوقت الاستمرارية . أما الاقتراح الذى توعز به بعض الشركات متعددة الجنسية بإمكانية هندسة زراعات أحادية باستخدام جينات غريبة لإنتاج غذاء متزن من محصول واحد يفتقر بطبيعته إلى أحماض أمينية معينة (أنظر الفصل السادس) ، هذا الاقتراح ليس بديلاً عن غذاء متزن مشكَّل من محاصيل متنوعة . أما إنتاج مثل هذه الزراعات الأحادية من محاصيل عبرجينية ، بتماثلها الوراثى المرتفع ومتطلباتها العالية من المُدْخَلات الكيماوية ، فالأرجح أن يؤدى إلى تقويض الأمن الغذائى والتنوع الحيوى .

من الجدير بالملاحظة أن معظم المنتجات الغذائية من المحاصيل عبر الجينية قد سُوِّقت إلى المستهلكين فى الدول الصناعية الثرية ـ مثلاً طماطم فليفر سيفر لشركة كالجين التى هُنْدِست لتقليل تكاليف صناعة صلصة الطماطم ، وبطاطس مونسانتو عالية النشا سريعة القلى لسوق الوجبات السريعة . تتضمن التطويرات الأخيرة صنفاً عبرجينى من الفاصوليا البيضاء (بريم Prim) يسبب رياحاً فى البطن أقل ، وقد تصل إلى السوق قريباً سلسلة من الفواكه عبر الجينية التى هُنْدِست للطَّعْم . تتوفر الآن بالأسواق الغربية طماطم ومحاصيل أخرى محورة وراثياً . وكل هذه ليست منتجات صُمِّمَتْ لتخفيف الجوع فى العالم الثالث .

تحاول متعددات الجنسية أن تزرع مساحات واسعة من المحاصيل عبر الجينية فى العالم الثالث ـ مثلاً طماطم وبطاطس تطلبها سلاسل مطاعم الوجبات السريعة . يندر أن تتوافق هذه المحاصيل مع الأطعمة المحلية التقليدية أو مع خطط الفلاحين المحليين . لم يتم العمل المكثف حتى الآن إلا على عدد معدود من المحاصيل : القطن ، الطباق ، الذرة ، البطاطس ، فول الصويا ، الطماطم ، الكانولا . لم تُولِ الشركات اهتماماً كبيراً بالأغذية التى تزرع أساساً بالعالم الثالث ، مثل الدُّخْن والكاسافا واليام . يُبْخَس من شأن هذه المحاصيل دائماً . لم تفعل متعددات الجنسية الكثيرَ بخصوص المحاصيل ذات القيمة المنخفضة ، مثل القمح ، ولا بخصوص العديد من المحاصيل الأقل قيمة رغم أهميتها ، من الخضراوات والفواكه . كانت المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب على قمة أجندة البحوث والتطوير للشركات متعددة الجنسية ، أما البحوث التى تهدف إلى تحسين التمثيل الضوئى ، أو تثبيت الأزوت ، أو مقاومة الجفاف ، والتى قد يكون لها أكبر الأثر على إنتاج العالم من الغذاء ، فلا تزال فى مرحلة مبكرة .

خطفت البحوث على المحاصيل الاستوائية الأضواء فى عام ١٩٩٦ عندما أصبحت الكاسافا (*Manihot esculenta*)- وهى مصدر هام من مصادر كربوهيدرات الغذاء فى أفريقيا - أولَ محصول استوائى يحظى بأولوية المنابلة الوراثية . طُورت فى ذلك الوقت تقنيات خاصة لإنتاج نباتات كاسافا عبرجينية . والكاسافا من النباتات التى تصعب تربيتها بالطرق التقليدية ، وتفقد الكثير من انتاجيتها بسبب الحشائش والآفات والمُمْرِضَات . كان هدف البحاث إنتاج سلالات عبرجينية يُحسَّن فيها النشا نوعاً وكماً ، وتتميز بمحتوى أعلى من البروتين ومستويات أقل من الجليكوسيد السام ، وهذا توكسين يلزم أن يُستخلص من الجذور قبل استهلاكها . فى نفس العام ١٩٩٦ بدأت مونسانتو أيضاً تتعاون مع علماء كينيا لانتاج بطاطا عبرجينية مقاومة للفيروس المبرقش ناعم الملمس (FMV) .

لمعظم معاهد البحوث الرئيسية فى الدول النامية الآن برامج بحوث فى البيوتكنولوجيا . تمتلك بعض هذه المعاهد مجموعات ضخمة من سلالات المحاصيل الرئيسية - مثل الأرز بالمعهد الدولى لبحوث الأرز (إيرى IRRI) بالفلبين ، والبطاطس بالمركز الدولى للبطاطس (سيب CIP) فى بيرو ، والذرة بالمركز الدولى لتحسين الذرة والقمح (سيميت CIMMYT) فى المكسيك . تمثل هذه المجموعات مصدراً وراثياً قَيِّماً لتطوير السلالات عبر الجينية . على أن هذه المعاهد ، وغيرها من المراكز الدولية للبحوث الزراعية حول العالم ، قد ركزت فى أول الأمر - وكثيراً بالتعاون مع متعددات الجنسية - ركزت ، مثل الثورة الخضراء قبلها ، على تطوير سلالات عالية الإنتاج من المحاصيل - وهذه تتطلب مُدْخَلات غالية الثمن . ولقد يتطلب الأمر من هذه المعاهد ، إذا كان لها أن تُسْهِم فى مقابلة الحاجات الغذائية للسكان المحليين ، أن تطوِّع البيوتكنولوجيا لتفى بالمتطلبات الخاصة لأوطانها .

تأثر اختيار المحاصيل التى ستخضع للمنابلة الوراثية ، فى أول الأمر ، بحقيقة أن الباحثين يستخدمون نباتات « نموذج » دُرِسَت تجريبياً لسنين طويلة . كان أول نبات عبرجينى طُوِّر هو الطباق ، وتبعه اثنان من أقاربه : الطماطم والبطاطس ، وتلاهما المحاصيل التجارية مثل فول الصويا والذرة . كانت مقاومة الأعشاب هى الخصيصة السائدة فى التحوير ، لأنها تمثل أكثر تطبيقات الهندسة الوراثية ربحاً بالنسبة للشركات متعددة الجنسية . فإذا كانت الموجة الأولى من المحاصيل عبر الجينية قد نجحت ، فلقد تُنْتَج تجارياً تحويراتٌ أخرى نافعة ـ تحويرات لا تُعتبر فى الوقت الحاضر مفيدة مادياً . ادعت شركة كالجين على سبيل المثال أَنْ قد كان عليها ـ لمجرد أن تبقى ـ أن تركز على المنتجات المهمة تجارياً فى العالم المتقدم . هناك الآن عدد من المحاصيل عبر الجينية فى مرحلة التطوير ، قد يكون لها اسهامات قَيِّمة فى زراعة الكفاف بالعالم الثالث . من بين هذه المحاصيل سلالات مقاومة للجفاف ، ومحاصيل مقاومة للنماتودا والحشرات وغيرها من الآفات والأمراض الشائعة بالعالم النامى . ولقد تُطَوَّع التقنيات التى طُوِّرت لزيادة إنتاجية المزارع السمكية فى الدول الصناعية ، تُطَوَّع لتُستخدم على أنواع الأسماك الهامة للعالم الثالث ، مثل الشبوط (*Cyprinus* spp.) والصِّلَّور (*Clarius* spp.) والبلطى (*Oreochromis* spp.) .

إذا كان تطبيق الهندسة الوراثية سيفيد الدول النامية ، فقد يصعب أن تُنقل التكنولوجيا دون بعض التنازلات فى استقلالية شعوب العالم الثالث . فكل المحاصيل عبر الجينية التى نُقلت لحد الآن قد سُجلت براءاتها فى العالم الصناعى ، وهى تحتاج إلى مُدْخَلات كيماوية زراعية خاصة يلزم أن تُشترى من متعلدات الجنسية ، كما أنها ستُزرع على حساب الأصناف المحلية . فإذا كان لها أن تفيد حقاً ، فلابد أن يتحول التأكيد من إنتاج سلالات للزراعة الصناعية ذات

المدخلات المرتفعة السعر ، نحو أصناف تُطَوَّر بالعالم الثالث تلائم ظروف الكفاف الزراعية . غاية الأمر أن الحل للفقر والجوع لا يمكن أن يتم بتطبيق التكنولوجيات الجديدة إذا ما ظلت النواحى الهيكلية والثقافية والسياسية للمشكلة دون حل .

المحاصيل عبر الجينية : تبعية كيماوية أم زراعة متواصلة ؟

كان الكثير من البحوث الأولى على المحاصيل المحورة وراثياً يهدف إلى إنتاج محاصيل مقاومة للإصابة بالآفات والأمراض ، مما يقلل من استخدام مبيدات الآفات . ولقد كان من المُتَصَوَّر أن هذا سيجعل المحاصيل ملائمة لممارسة برامج المكافحة المتكاملة للآفات وبرامج المقاومة الحيوية . رُوِّجَ للتكنولوجيا إذن على أنها أحد مقومات الزراعة « الخضراء » أو المتواصلة .

يمكن تلخيص مفهوم التواصل بالقول إن على كل جيل أن يمرر إلى الجيل الذى يليه مجموعةً من الأصول البيئية غير المنقوصة ، وذلك بمقابلة حاجات الحاضر دون التفريط فى حاجات المستقبل . والتنمية المتواصلة هى تنميةٌ تحفظ توازناً ملائماً مع الطبيعة . وفى الزراعة المتواصلة يُصَانُ التنوع الوراثى للمحاصيل ، وتُحفظ التربة خصبة ، ويُخفض التلوث إلى الحد الأدنى ، ولا تتفاقم مشاكل الآفات . تتضمن الزراعة المتواصلة ممارساتِ المقاومة الرشيدة للآفات والحشرات ، والدورة الزراعية ، وتنويع المحاصيل ، والتحميل ، والمقاومة البيولوجية ، والحفاظ على المياه ، وإعادة تدوير الموارد والمخصبات الطبيعية . ولقد بينت الزراعة العضوية الحديثة أنه من الممكن أن يكون الكثير من هذه الأفكار الزراعية التقليدية مربحاً ومتوافقاً مع المنجزات التكنولوجية .

لكن الهندسة الوراثية لا تعتبر فى الوقت الحاضر متناسقة مع الزراعة المتواصلة ، ويرجع ذلك أساساً إلى تركيزها على إنتاج محاصيل عبرجينية مقاوِمة لمبيدات الأعشاب . افترض الكثيرون من المعلقين فى الأيام الأولى

للهندسة الوراثية أن الشركات متعددة الجنسية المنتجة للكيماويات الزراعية ستستجيب فى حذر إلى استخدام الهندسة الوراثية التى وعدت بتخفيض استعمال الكيماويات فى وقاية النبات . غير أن استجابة هذه الشركات كانت بالتحرك فى حماس نحو تطوير محاصيل مقاومة لمبيدات الأعشاب . تتطلب هذه المحاصيل يقيناً مبيدات الأعشاب لبلوغ أقصى إنتاجية لها ، ولقد تخلق طلباً إضافياً على البذور وعلى الكيماويات الزراعية ، اللذين كثيراً ما توفرهما نفس الشركة متعددة الجنسية . بلغت نسبة المحاصيل التى حُورت لمقاومة مبيدات الأعشاب ٤٥ %من طروح المحاصيل عبر الجينية بالدول الأوروبية وذلك فى الفترة من ١٩٩٢ حتى ١٩٩٥ . ولقد تكرر نفس هذا الاتجاه على طول العالم وعرضه ، وإن كانت هذه النسبة تتناقص الآن بعد الانتباه إلى عدد من الصفات الأخرى تُهَنْدَس فى المحاصيل بصحبة صفات مقاومة مبيدات الأعشاب . تؤخذ المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب عادة على أنها ستزيد على الأرجح من استخدام هذه المبيدات (أنظر الفصل الرابع) ، وهذا سيخلق مشاكل بيئية إضافية ، إذ ستؤثر زيادة انجراف رذاذ الرش على المواطن الطبيعية ليلوث مجارى المياه والأنهار .

فاستخدام جينات توكسين البى تى فى إنتاج محاصيل عبرجينية مقاومة للحشرات ، قد يهدد فوائد استخدام الرش بالبى تى فى برامج المكافحة المتكاملة (انظر الفصل الخامس) . يستخدم الرش بالبى تى الآن فى الزراعة المتواصلة منخفضة المدخلات ، لأن البى تى متخصص للغاية فى الآفات الحشرية ، ومن ثم فهو لا يؤذى وسائل المكافحة البيولوجية . فإذا ما زُرعت مساحات واسعة بمحاصيل عبرجينية تحمل جينات البى تى فستتزايد مقاومة عشائر الآفات الحشرية للتوكسين .

صُمِّمَت المحاصيل عبر الجينية ، التى طُورت حتى الآن ، لتلائم زراعة

صناعية عالية المدخلات ، تماماً مثلما كان الحال مع السلالات عالية الإنتاج من محاصيل الثورة الخضراء . نجحت الثورة الخضراء نجاحاً هائلاً فى زيادة انتاجية المحاصيل بسبب تطويرها سلالات عالية الغلة والاستخدام المكثف للمدخلات الكيماوية ،لكن هذا قد تسبب فى تصدع الكثير من ممارسات الزراعة المتواصلة . يقامر من يزرع السلالات عبر الجينية بخطر الوقوع فى دوامة مشابهة من استخدام نفس الكيماويات مع محاصيل تتطلب مستويات مرتفعة من المدخلات الكيماوية إذا كان لها أن تبلغ الغلة الموعودة ـ لاسيما مدخلات الأسمدة . تستخدم الولايات المتحدة وحدها فى الوقت الحالى ما يزيد على ١٢ مليون طن من الأسمدة سنوياً . يتزايد استعمال الأسمدة الآن بشكل مذهل : فاستهلاك الأسمدة فى الفترة ما بين ١٩٨٠ و ١٩٩٠ يعادل كل ما استُهلك من أسمدة فى تاريخ البشرية كله . واستخدام الأسمدة هذا يسبب مشاكل بيئية : فزيادة الأزوت هى المسئولة عن ازدهار الطحالب ، وضُخَان smog المدينة ، وموت الأشجار ، وارتشاح المواد الغذائية النباتية من التربة وفقدان المواطن الرهيفة . تتطلب المحاصيل عبر الجينية ، تماماً مثل سلالات المحاصيل عالية الغلة التى انتجتها الثورة الخضراء ، تتطلب مستويات عالية من الرى ، وفى هذا استنزاف لموارد المياه الثمينة لاسيما فى الدول النامية . وبالإضافة إلى ذلك فإن الأرجح أن تكون هذه المحاصيل فعلياً أقلَّ مقاومة للجفاف والفيضانات والأمراض ، مقارنةً بالسلالات الزراعية التقليدية .

من الممكن عملياً تخفيض استخدام الأسمدة بتطوير سلالات من المحاصيل عبرجينية تُثَبِّتُ الأزوت . انتُجت سلالات الأرز التى كان لها أن تسود أثناء الثورة الخضراء ، أنتُجت لاستجابتها المثلى للأسمدة الكيماوية ، الأمر الذى كان يعنى الانتخاب ضد قدرتها الطبيعية على تثبيت الأزوت عن طريق بكتريا الريزوبيوم *Rhizobium* على جذورها . لا يلزم بالضرورة أن

تمضى المحاصيل عبر الجينية لتكرر الآثار السلبية للثورة الخضراء ، وإنما يُفْتَرض أن تُستخدم فى حل البعض منها . وعلى سبيل المثال فإن إنتاج سلالات تتحمل الجفاف سيُسْهِم فى الحفاظ على الماء ، بتقليل الرى .

لكن من المستبعد فى أحوال كثيرة أن تعتبر المحاصيل عبر الجينية هى أنسب التكنولوجيات لإنتاج الطعام . تكون الممارسات التقليدية فى الزراعة ، والتى تتضمن التحميل أو تعدد المحاصيل مع دورة زراعية ، تكون فعالة فى التحكم فى مشاكل كوكبة من الآفات والأمراض والحشائش . يُمارس تعدد المحاصيل بنجاح فى الكثير من الدول النامية ، حيث نشأت التقنيات قبل بدء استخدام مبيدات الآفات بسنين طويلة . سنجد مثلاً فى أفريقيا أن ٩٨ %من اللوبيا تُزرع مُحَمَّلة مع محاصيل أخرى ، أما فى نيجيريا فإن ما يزيد على ٨٠ %من كل الأراضى الزراعية يزرع بمحاصيل متعددة multiple cropping . والمميزات هنا هائلة ، خصوصاً بالنسبة للمزارع الصغير ، فهذه تمثل صورة فعالة للغاية ومجانية للتحكم فى الآفات ، فَتَكَاثُر عشائر الحشرات على المحاصيل إذا ما زرعت مختلطة كثيراً ما يكون أقل منه فى الزراعات الأحادية monocultures ، كما تقل أيضاً مشاكل الأمراض الفطرية والفيروسية ، وغالباً ما تكون الغلة الكلية عند التحميل أعلى إذا ما قورنت بالمحاصيل الأحادية . إن هذا استخدام أمثل للأراضى المتاحة والموارد البيئية ، ثم إنه يقلل من اجتياح الحشائش ، فمساحة التربة المغطاة تكون أكبر ، ويقل أيضاً تآكل التربة soil erosion ، ولقد تزداد أيضاً خصوبتها وتقل المُدْخلات الكيماوية . تمثل المكافحة المتكاملة ، التى تتضمن المقاومة البيولوجية مع كميات أقل من مبيدات الآفات ، تمثل مَدْخَلاً بديلاً نجح كثيراً فى السيطرة على الآفات عبر السنين الأخيرة فى الدول النامية . من الممكن أن تصبح المكافحة المتكاملة متوافقة مع ممارسات الزراعة التقليدية .

يرى ناقدو تطبيقات الهندسة الوراثية فى الزراعة أنها استيراتيجيات رفيعة عالية المُدخلات ، لا تعنى سوى « ورطة تكنولوجية » جديدة . اقتُرح نقل الجينات المُفْردة كحل لسلسلة من المشاكل ، مشاكل لها فى الواقع إجابات جاهزة لدى الزراعة التقليدية . أما الخطر بالنسبة للدول النامية فيكمن فى أن المحاصيل عبر الجينية قد تحل محل تكنولوجيا الطرق التقليدية الأكثر ملاءمة . يُرَوَّج للمحاصيل عبر الجينية الآن على أنها علمياً هى الأكثر تقدماً وأنها الأفضل مقارنةً بالسلالات القديمة ، ولقد يتسبب ذلك فى أن يُنْظَر إلى الممارسات التقليدية ، خطأً ، على أنها متخلفة بشكل ما . أما الحقيقة فهى أن التحميل intercropping ، والدورة الزراعية ، والتنوع الوراثى ، والسلالات البلدية المقاومة ، والنباتات المحلية المبيدة للحشرات ، كلٌ هذه قد توفر فى معظم الحالات ما يكفى من وقاية ضد الآفات والأمراض .

فإذا كانت المحاصيل عبر الجينية قد طُورت لتحيا فى التربة الضعيفة وبحيث تعطى محصولاً طيباً فى ظروف الجفاف ، فهناك خطر فى أنها قد تسبب الرِّضا وتؤدى إلى إهمال مصادر التدهور البيئى . فى مثل هذا السيناريو سينتظر المزارع إلى أن يأتيه الحل الإيكولوجى الجديد ، بينما تتدهور البيئة أكثر وأكثر . إن تطبيق الحلول التكنولوجية ليس بديلاً عن مواجهة الأسباب الحقيقية لتدهور البيئة .

ولقد يظهر أن للمحاصيل عبر الجينية أثراً سلبياً على التنوع الحيوى كما ذكرنا آنفاً . فالتكنولوجيا تمثل حلاً يهدف إلى إنتاج عدد محدود من السلالات النافعة هُنْدِس لحل مشاكل معينة . وقد يُرَوَّج للمحاصيل عبر الجينية ذات التماثل الوراثى العالى ، على حساب السلالات التقليدية ، بسبب جينات تجعلها أكثر ربحاً ، جينات تملكها شركة . هناك أيضاً قلق يثور حول انخفاض التنوع الحيوى فى حيوانات المزرعة ، وهذا اتجاه قد يُفَاقِم منه

تطوير حيوانات عبرجينية . توصل تقريرٌ لمنظمة الأغذية والزراعة إلى أن سلالات حيوانات المزرعة تختفى فى العالم بأسره بمعدل سنوى يبلغ ٥ % ، أى ست سلالات فى الشهر . والحيوانات المحورة وراثياً ، مثلها مثل المحاصيل عبر الجينية ، قد صُمِّمَت لزراعة عالية المدخلات مكثفة مُصَنَّعة .

إن إدراك أن النباتات عبر الجينية ستؤدى إلى زيادة الاعتماد على الكيماويات الزراعية لمن الأمور العجاب ، لأن تطوير هذه النباتات فى البداية كان يَعِدُ بإمكانية حقيقية لحماية المحاصيل بصورة أكثر حميمية مع البيئة وبتخفيض المدخلات الكيماوية . كان المتوقع أن يؤدى تخفيض استخدام مبيدات الآفات إلى تقليل المخاطر الصحية التى يتعرض لها عمال الزراعة ، وتقليل ما يصل إلى الأنهار من كيماويات وما يتبقى على الأغذية من مبيدات . لم يُنْجَز إذن الوعد بأن المحاصيل عبر الجينية مقوِّماً فى برامج المكافحة المتكاملة وأن تكون نافعة فى نُظُم الزراعة المتواصلة .

الآثار الاقتصادية

سيتضمن نقلُ تكنولوجيا الهندسة الوراثية إلى العالم الثالث فى معظم الحالات شركات متعددة الجنسية . ومبيعات الكثير من هذه الشركات يعادل الدخل القومى الكّلى للدول النامية التى ستعمل بها . هناك عدد من القضايا الخلافية الرئيسية حول أنشطة متعددات الجنسية فى مجال الهندسة الوراثية فى الزراعة . فما هى الصورة التى سيدخل بها رأس المال إلى الدولة ؟ هل ستؤدى التكنولوجيا إلى اتساع الفجوة بين الفقراء والأغنياء ؟ وما هو المدى الذى سيبلغه نقل التكنولوجيا ؟ (نعنى مثلاً كم من البحوث والتنمية سيجرى فى الدولة النامية وهل ستحتفظ الشركة باحتكار التكنولوجيا ؟) هل ستحلُّ المنتجات الجديدة محل المنتجات المحلية ؟ وهل التكنولوجيا مناسبة ؟ ما مدى ملاءمتها للظروف المحلية ؟

سيأمل الفلاحون فى الدول النامية أن يرفعوا من دخلهم بزراعة المحاصيل عبر الجينية ، لكنهم سيواجهون بأن عليهم أن يَدْفعوا أكثر لشراء البذور عبر الجينية . ولقد تستفيد عمليات الزراعة الواسعة النطاق من هذه التكنولوجيا ، لكن الأمر ليس كذلك بالنسبة لمعظم فلاحى العالم الثالث ، لأنهم لا يستطيعون تحمل النفقات الإضافية لأسعار البذور عبر الجينية وغيرها من المُدْخَلات المطلوبة مثل الأسمدة والرى ومبيدات الآفات . تتوفر مثل هذه المدخلات لأصحاب المزارع الكبيرة ، لكنها تفوق طاقة الكثير من صغار الفلاحين . وعلى هذا فإن التكنولوجيا بوضعها الحالى لا تقلل الفجوة بين الأغنياء والفقراء ، كما أنها ليست مهيأة لتُوَافق الظروف المحلية السائدة بالدول النامية . فإذا ما استمر هذا الاتجاه ، فلن يستفيد من « الثورة الجينية » مَنْ هم فى حاجة حقيقية إلى المزيد من الغذاء . لابد أن تتدخل الحكومات بشكل ما إذا كان للفوائد أن تصل إلى فلاحى الكفاف وذوى الحيازات الصغيرة .

تُمَوِّلُ الشركاتُ متعددة الجنسية معظم الأبحاث فى البيوتكنولوجيا والمحاصيل عبر الجينية ، كما يتزايد تأثيرها فى توجيه ما يُجرى من برامج البحوث . يبطؤ تدفق المعلومات التقنية إلى العالم الثالث بسبب تسجيل براءات المحاصيل عبر الجينية . يكاد يكون تطوير الكائنات عبر الجينية قد تم كله فى معامل متعددات الجنسية بالدول الصناعية ، والحماية التى تُسْبِغُها البراءة على هذه الشركات تعنى أن تُحْكِم قبضتها على بذورها عبر الجينية . فإذا كانت متعددات الجنسية قد طَوَّرت أصنافاً مقاومة للجفاف أو للآفات من أجل أسواق الدول النامية ، فَسَتُسَجِّل البراءات بحيث لا يمكن زراعتها إلا بترخيص . والعادة فى الممارسات الزراعية التقليدية أن يحتفظ الفلاح ببذور موسم لزراعتها فى الموسم التالى ، لكن متعددات الجنسية ستُلزِمه بدفع جُعْل إضافى إذا هو احتفظ بالبذور عبر الجينية المسجلة براءتها ، بل إن

اتفاقيات ترخيص الجينات قد تمنع الفلاح من الاحتفاظ ببذور محاصيل معينة . تنشط متعددات الجنسية فى الترويج لبذورها عبر الجينية ، فتبخس بذلك قيمة الأصناف التقليدية من المحاصيل . والسلالات البلدية ، كما ذكرنا ، كثيراً ما تكون مكيفة للظروف المحلية ، ولا تخضع لحماية البراءات .

وقد يجد فلاحو العالم الثالث أيضاً أن أسواقهم تضمحل فى مواجهة منافسة البدائل الناتجة بالعالم الصناعى ، بدائل زرعت كعبرجينيَّاتٍ مناطق معتدلةٍ أو نتجت باستخدام ميكروبات محورة وراثياً . أَنتجت كالجين على سبيل المثال كانولا محورة وراثياً تحمل مستويات عالية من حمض اللوريك الدهنى الذى يستخدم فى صناعة الصابون والشامبو والمطهرات والحلوى . تستخلص هذه الأحماض تقليدياً من زيت جوز الهند وزيت نوى النخيل ، ولا تُستخلص من أى نبات غير استوائى ، والفلبين هى أكبر مُصَدِّرٍ عالمى لزيت جوز الهند ، ويشكل ٧ %من دخل الدولة من الصادرات الكلية . يوفر هذا المحصول وظائف مباشرة وغير مباشرة لنحو ٢١ مليون فيليبينى ، أى ٣٠ %من سكان هذه الدولة . ثمة تقرير عن المؤسسة الدولية لتقدم الريف يشير إلى أن اقتصاديات الفلبين وغيرها من الدول المصدرة لزيت جوز الهند ، مثل إندونيسيا وماليزيا ، قد تتأثر بشدة من الزراعات الواسعة النطاق للكانولا عبر الجينية فى شمال أمريكا وفى أوروبا . والولايات المتحدة هى أكبر مستورد لحامض اللوريك . فى عام ١٩٩٥ زُرع ما يزيد على ٨٠٠٠ هكتار بالكانولا عالية اللوريك فى جنوب شرقى أمريكا ، وارتفعت المساحة عام ١٩٩٧ إلى ٢٨٠٠٠ هكتار ، وزيادة المساحة أمر محتمل . وافقت شركة بروكتور وجامبل Proctor and Gamble ، وهى واحدة من أكبر مُشترِى حمض اللوريك ، وافقت على شراء الحمض الناتج من الكانولا عبر الجينية . ونبات الكانولا عالى اللوريك ليس سوى أولِ طابورٍ لكالجين من زيوت النبات المُمَلَّكَة proprietary ، فعلى عام ١٩٩٦ كانت

كالجين وقد حصلت على ٤٥ براءة تختص بنباتات زيت .

على أن صادرات زيت النخيل من ماليزيا إلى أوروبا قد ازدادت فى المدى القصير ، وذلك بسبب الطلب على بدائل لزيوت الصويا غير المميَّزة التى تحمل صويا محورة وراثياً . وعلى هذا فإن استمرار معارضة المستهلكين فى أوروبا للأطعمة الناتجة من المحاصيل عبر الجينية ، إنما يساعد دول العالم الثالث وهى تتكيف للتغيرات السريعة فى الإنتاج الزراعى التى بدأتها البيوتكنولوجيا .

ستتأثر أسواق المحاصيل الاستوائية بسبب التطورات فى البيوتكنولوجيا ، محاصيل من بينها الفانيليا والكاكاو والسكر ، إذ يتحول إنتاج هذه المحاصيل من المناطق الاستوائية إلى المعامل بالدول الصناعية . والفانيليا (*Vanilla planifo-lia*) محصول تصديرى هام فى مدغشقر ، وجزر كومورو والريونيون . توفر هذه الدول سوياً نحو ٩٨ % من إنتاج العالم من الفانيليا . هناك فى مدغشقر ما يزيد على السبعين ألفاً من صغار الملاك يعملون فى زراعة الفانيليا ، كما يمثل هذا المحصول ١٠ % من دخل الدولة من النقد الأجنبى . أما فى جزر كومورو فإن الفانيليا تشكل نحو ٦٠ % من نظام الصرف النقدى . ولقد أصبح من الممكن الآن إنتاج الفانيليا بأخذ أنسجة النبات وتنميتها تحت ظروف زراعة الأنسجة ، الأمر الذى يهدد اقتصاديات هذه الدول . والولايات المتحدة هى أكبر مستورد للفانيليا فى العالم . ثمة شركات أمريكية (ومن بينها شركة دافيد ميكائيل David Michael وشركة إيسكاجينيتيكس Escagenetics) قد قامت بتطوير التقنيات اللازمة ، لتَعْرِض المُنْتَج بسعر يقل عن أسعار المنتجين الزراعيين . بل وتقوم شركة دافيد ميكائيل ، ومقرها فيلادلفيا ، بالتعاون مع جامعة ديلاوير بتطوير سلالات من الفانيليا أكثر قدرة على التحمل كى توسع من مجال زراعتها . أما إسكاجينيتيكس ، ومقرها كاليفورنيا ، فَتَدَّعى أن فى إمكانها إنتاج الفانيليا بتكاليف تقل كثيراً عن تكاليف مستخلص الفانيليا . تقدمت

الشركة تطلب براءة لمُنْتَج لها اسمه «فيتوفانيليا» Phytovanilla ، وآخر اسمه «فيتوفانيلّين» Phytovanillin .

والكاكاو (*Theobroma cacao*)هو ثانى أهم سلعة استوائية تصديرية فى التجارة العالمية . توجد معظم أشجار الكاكاو فى غرب أفريقيا ، والنصف منها تقريباً يملكه صغار الملاك . تُطَوِّر الشركات الأمريكية الآن (مثل شركة دى إن إيه بلانت تكنولوجى DNA Plant Technologyوشركة هيرشى فودز Hershey Foods) سلالات جديدة من الكاكاو باستخدام تقنيات زراعة الأنسجة . تهدف البحوث بالولايات المتحدة واليابان إلى إنتاج زبدة الكاكاو لمُصَنِّعى الشيكولاته عن طريق تحوير إنزيمى لزيوت نباتية أرخص ، أو عن طريق تنمية خمائر ذات أحماض دهنية محورة . سيكون لهذه التطورات على الأرجح أثر كبير على اقتصاديات أفريقيا .

ينتج نحو ٦٠ %من سكر العالم من قصب السكر (*Saccharum officinarium*) ، ويزرع معظمه بالعالم الثالث . تشكل صادرات السكر جزءاً هاماً من اقتصاديات الكثير من الدول النامية . جزر الكاريبى مثلاً تصدر أكثر من ٧٠ %من إنتاجها ، وتعتمد كثيراً على محصول السكر . انهار سعر سكر القصب فى الثمانينات بالسوق العالمى ، ولم يكن ثمة أمل كبير فى أن يستعيد وضعَه . عَجَّل من تدهور قصب السكر تشجيع المفوضية الأوروبية لبنجر السكر ودعمها لزارعى البنجر ، لتصبح أوروبا مصدرة للسكر . أما الآن فإن البيوتكنولوجيا تُسرع من هذا التدهور بإنتاج بدائل للسكر وإنتاج مُحَلِّيات جديدة . كان أول بدائل للسكر هى المُحَلِّيات المشتقة من النشا ـ مثل شراب الذرة عالى الفركتوز المَصنوع من الذرة ـ التى تنتج عن تكنولوجيا الإنزيمات ، وشركة آرشر دانييلز ميدلاند Archer Daniels Midlandهى واحدة من كبريات الشركات المنتجة لمُحليات الذرة التى يُرَوَّج لها فى الولايات المتحدة

على حساب السكر المستورد . تُستخدم مُحَلِّيات الذرة الآن فى أكثر من ٩٥ %من المشروبات الخفيفة التى تباع بالولايات المتحدة . وصلت السوق فيما بعد سلسلة من بدائل السكر المُخَلَّقة كيماوياً ، كان من بينها الأسبرتيم aspartame ، وقد سُجِّلت براءته باسم ج . د . سيرل G.D.Searle عام ١٩٧٤ ، ويباع تحت اسم نُتْراسويت NutraSweet . تقوم شركة نتراسويت كيلكو NutraSweet Kelco الآن - وهى فرع فى شركة مونسانتو - بتصنيع وتسويق هذا المُحَلِّى وغيره من مقومات الغذاء ذات الصلة .

أما أخطر ما يهدد سكر المناطق الاستوائية الآن فهو تطوير بروتينات أحلى كثيراً من السكر . تُفَسَّر الحلاوة الفائقة لهذه البروتينات بوجود أُلْفَة لها قوية للارتباط بمستقبِلات الحلاوة على اللسان . ينتج التوماتين من نبات توماتوكوكّص دانيلياى *Thaumatococcus daniellii* ، الذى يطلق عليه اسم كاتيمفى katemfe فى مناطق غرب ووسط أفريقيا حيث ينمو طبيعياً . تبلغ حلاوة التوماتين ٢٥٠٠ - ٣٠٠٠ ضعف حلاوة السكروز (سكر القصب) . كانت شركة تيت ولايل Tate and Lyle هى أول شركة سَوَّقت التوماتين تحت اسم تالين Talin ، وكانت شركة يونيلفر Unilever هى أول من عزل الجين المُشَفِّر للتوماتين وأول من أولجه فى البكتريا . ولقد هُنْدِس هذا الجين الآن فى البكتريا والخميرة لإنتاج التوماتين فى قوارير التخمير لدى عدد من الشركات . فعلى سبيل المثال أنتجت شركة إنجين Ingene توماتيناً مُطَعَّماً باستخدام الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* . عُبِّر عن جين التوماتين أيضاً فى الطباق وفى بعض محاصيل الغذاء ، وقد تم ذلك فى عدد من الشركات متعددة الجنسية كانت تبحث عن طريقة أرخص لإنتاج كميات ضخمة من هذا البروتين . أصبح من المتوقع الآن إنتاج محاصيل غذائية أكثر حلاوة باستخدام هذه التقنية .

لا يزال صائدو الجينات من الشركات متعددة الجنسية يجوبون بلاد العالم

الثالث بحثاً عن بروتينات تشبه التوماتين . هناك مثلاً اهتمام بنبات يسمى ليبيه دولسيز *Lippia dulcis* كان الهنود المكسيكيون يمضغونه منذ قرون . كما تُسَوِّقُ إحدى الشركات التابعة لسوزوكى فى اليابان بروتيناً من نبات بيرتونى bertoni (*Stevia rebaudiana*) الذى ينمو طبيعياً فى باراجواى ومناطق من جنوب شرقى آسيا ويدخل فى طعام الأهالى هناك . تستخدم جامعة كاليفورنيا زراعة الخلايا المهندسة وراثياً فى إنتاج بروتين المونيللين Monellin الذى تبلغ حلاوته ثلاثة آلاف ضعف حلاوة السكروز ، وذلك من جين مأخوذ من نبات توتية الصدفة *Dioscoreophyllum cumminisii* الذى ينمو طبيعياً بغرب أفريقيا . كما أن شركة كيرين Kirin لصناعة الجعة فى اليابان تنتج كميات صناعية من المونيللين بهندسة بضع نسخ من صورة محورة من جين توتية الصدفة هذا ، فى خميرة كانديدا يوتيليس *Candida utilis* . هناك جزىء آخر له أهميته هو جليكوبروتين الميراكيولين miraculin المعزول من نبات ريتشارديلاً دولسيفيرا *Richardella dulcifera* . والميراكيولين فى حد ذاته ليس حلواً ، لكن له إمكانية خاصة فى الأغذية المحورة وراثياً تأتى عن أثره على مستقبِلات الطعم ، إذ يُحَوِّل الطعمَ الحامض إلى حلو - مثلاً ، الطعم الحامض للبرتقال .

يُطَوَّر الآن عدد من مُحَلِّيات بروتينية أخرى ، أُعْلِن أن البعض منها أحلى من السكروز ٧٥٠٠ مرة . من بين عيوب الكثير من هذه البروتينات أنها تُخَلِّف طعماً مُرًا بالفم ، لكن أمكن علاج ذلك باستخدام هندسة البروتينات . لهذه البروتينات من الحلاوة ما يمكن معه إضافتها إلى الأغذية المصنَّعة دون أن نرفع السعرات الحرارية لِلْمُنْتَج . ولقد قامت متعددات الجنسية بتسجيل براءات هذه الجزيئات فى الدول الصناعية كما سجلت عمليات التصنيع . فعلى سبيل المثال ، تمتلك شركة بياتريس للأغذية Beatrice Foods بالولايات المتحدة - الشركة التى مَوَّلت بحوث إنجين Ingene لعزل وكَلْوَنَة جين التوماتين من نبات كاتيمفى -

تمتلك براءات الجين وتعبيره فى الخميرة . من الممكن أن يكون لاستعمال الهندسة الوراثية فى إنتاج المُحَلِّيات البروتينية آثارٌ مدمرة على إنتاج قصب السكر بالعالم الثالث حيث لا تزال حياة الملايين تعتمد على تصدير السكر .

هناك إذن سلسلةٌ من محاصيل التصدير المهمة التى تزرع بالعالم الثالث ، ستواجِه منافسةً من بدائل بالدول الصناعية ناتجةٍ عن استخدام البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية . لم تعد ميزة الأراضى والمناخ المناسب هى أهم العوامل لإنتاج الزيوت والمُنَكِّهات والمُحَلِّيات والعديد غيرها من منتجات محاصيل المناطق الاستوائية . ستقوم الدول المسلحة بالمعرفة العلمية والتكنولوجية باحتكار أسواق زراعية جديدة لتُصاب الكثير من الدول النامية بخسائر هائلة فى دخلها من التصدير . يلزم أن توزع الدول النامية صادراتها وتخالف بينها فلا تعتمد على محصول تصديرى واحد (فمدغشقر مثلاً تعتمد على صادراتها من الفانيليا) . أما الآن ، وبعد أن أصبح فى الإمكان تصنيع الكثير من المنتجات الزراعية باستخدام تكنولوجيا الهندسة الوراثية ، فقد تغدو الخيارات أمام الزراعة الاستوائية أكثر تقييداً . ولقد تتسبب البيوتكنولوجيا الجديدة ، على المدى الطويل ، فى تحويل جذرى للإنتاج الزراعى بعيداً عن الدول النامية ، فتسوء مواقفها التجارية ، ومديونيتها وتبعيتها العامة للدول الصناعية . وحتى لو تمكنت الدول النامية من التغلب على العقبات ، مثل مشاكل البراءات ، ثم استطاعت أن تنتج المُحَلِّيات والمُنَكِّهات باستخدام البيوتكنولوجيا ، فإن الملايين من الوظائف الزراعية ستتعرض للخطر .

تُسَوَّق منتجات الهندسة الوراثية كثيراً وبطريقة فَظَّة فى دول العالم الثالث . سُوِّق السوماتوتروبين البقرى المطعم لمزارعى الألبان بالمكسيك بأسعار زهيدة ، حيث لم يُواجَه بنفس المقاومة التى واجهها بالدول الصناعية . تخطط الشركات متعددة الجنسية ، لاسيما شركة جين فارم GenPharm كى تُسوِّق بالعالم الثالث أيضاً بديلاً للبن الأطفال الرُّضَّع رُفِعت قيمته

الغذائية بالهندسة الوراثية . سينتج هذا البديل من مسحوق لبن أبقار عبرجينية تعطى مستويات عالية من بروتين اللاكتوفيرين lactoferrinفى ألبانها . والأرجح أن يفيد هذا اللبن المبتسرين من المواليد . لكن أيًا كانت محاكاة لبن الأبقار عبر الجينية لتركيب لبن الأم ، فإنه يحمل لا يزال مخاطر تلوث الماء ، كما أنه لن يوفر المناعة التى تُضفيها الرضاعة الطبيعية . تزكى منظمةُ الصحة العالمية الرضاعةَ الطبيعية لمدة سنتين أو أكثر فى الدول النامية لهذه الأسباب . فالبديل من اللبن المجفف لابد أن يُمزج بالماء ، وهذا يُسَهِّل تلوثه بالميكروبات المَرَضِية . يتعرض أطفال الرضاعة الطبيعية لإصابات أقل بالاسهال والالتهاب السحائى وأمراض الأمعاء والأذُن والجهاز التنفسى والبولى ، وتقدر منظمة أوكسفام Oxfam أن نحو مليون ونصف مليون وليد يموتون سنوياً بسبب الرضاعة الصناعية . يكتسب أطفال الرضاعة الطبيعية أيضاً الوقاية بسبب ما يوجد بلبن الأم من أجسام مضادة تهاجم الميكروبات مباشرة أو تمنعها من اختراق الأنسجة . ويبدو أن هناك أيضاً فى لبن الأم عواملَ تدفع الجهاز المناعى للطفل لينضج مبكراً . قامت متعددات الجنسية فى الماضى بحملات دعائية تزكى بدائل لبن الأم فى الدول النامية وتعارض ما تذهب إليه منظمات الصحة والمعونة من ضرورة التركيز على الرضاعة الطبيعية . قوطعت منتجات شركة نسله 'Nestleفى الفترة من ١٩٧٧ حتى ١٩٨٤ رداً على تسويقها التهجمى لبدائل الألبان للأطفال الرُّضَّع بالعالم الثالث . وفى عام ١٩٨١ أقرت منظمة الصحة العالمية قواعد دولية لتسويق بدائل لبن الأم . اعترفتْ بوجود سوق قانونى لبدائل لبن الأم ، لكنها حددت طريقة الإعلان عنها وترويجها فى الدول النامية . ولقد قبلت نسله وغيرها من متعددات الجنسية هذه القواعد . غير أن أوكسفام وغيرها من المنظمات غير الحكومية قد أبلغت عن انتهاكات مستمرة لهذه القواعد ، ومن ثم فلا يزال اللبن البديل للرضَّع فى العالمِ الثالث قضية خلافية .

تُوافق الشركات متعددة الجنسية ، التى تقوم ببحوث تتضمن كائنات

مهندسة وراثياً ، على إجراء تجاربها في الدول التى ترحب بذلك . نَقَلَتْ شركاتٌ مقرها ألمانيا مثلاً مكانَ عملياتها الخاصة بالأدوية إلى الولايات المتحدة بسبب صرامة اللوائح فى ألمانيا . وفى عام ١٩٨٦ حَمَلَ موظفون بمنظمة بان أميريكان Pan Americanللصحة فاكسيناً فيروسياً من الولايات المتحدة إلى الأرجنتين فى حقيبة دبلوماسية لإجراء تجربة على الماشية دون إخطار السلطات المختصة فى الأرجنتين أو فى الولايات المتحدة . ولقد يتزايد بدول العالم الثالث إجراءُ التجارب التى تُحَرِّمُها قوانين الدول الصناعية- فالقوانين بهذا العالم أقل صرامة- بكلٍ ما يحمله ذلك من مخاطر إيكولوجية إذا حدث وبقيت الكائنات المحورة وراثياً فى البيئة .

التكنولوجيات الزراعية الجديدة إذن قد لا تساعد فى تغذية الجوعى ، وإنما قد تزيد من المشاكل الاقتصادية للدول النامية ، وتُفاقم فيها الفقر وسوء التغذية . أما إذا أمكن تطويع التكنولوجيا للحاجات الخاصة للدول النامية فإن بعض المحاصيل عبر الجينية قد تُسهم إسهاماً ايجابياً فى إنتاج الطعام - ولكن فقط إذا رُبِطَتْ بسياساتٍ لإصلاح الأراضى أو غير ذلك من التغيرات الاجتماعية والسياسية التىً تحبِّذُ توزيع الغذاء على مَنْ هم فى أمس الحاجة إليه . تتناقص مساحة الأراضى المتاحة للزراعة فى الكثير من المناطق بسبب عمليات التصحر desertification . ثمة حاجة إلى سلالات جديدة من المحاصيل تعطى غلة طيبة ، وتتحمل فى نفس الوقت الجفافَ وظروفَ التربة الفقيرة ، سلالات تقاوم الآفات والأمراض ولا تتطلب إلا القليل من المبيدات ، سلالات يمكنها أن تَستغل بكفاءة المواردَ البيئية دون أسمدة اصطناعية . على أنً الواجب ألاَّ تُنْشَر هذه المحاصًيل دون معالجة الأسباب الإيكولوجية لتدهور البيئة . للهندسة الوراثية إمكانية ضخمة لزيادة الإنتاج الزراعى ، وقد يكون الاختبار الحقيقى لها هو إنجاز هذا الهدف فى العالم الثالث - لكن ليس لها إلا أن تَحِلَّ جزءاً صغيراً من المشكلة . ولا يجب أن ننسى هذا عند تقييم مكاسب ومخاطر إطلاق الكائنات عبر الجينية فى البيئة .

الفصل الخامس عشر

مستقبلُ الأغذيةِ المحوَّرةِ وراثياً

إذا كـان لنا أن نصـدق اسـتطلاعـات الرأى ، فلنا أن نقـول إن شكوك المستهلكين تتزايد بالنسبة للأغذية المحورة وراثياً . سيكون المستهلكون هُمْ مَنْ سيحدد فى نهاية الأمر مدى نجاح هذه الأطعمة فى ساحة السوق ، من خلال قرارات الشراء وعن طريق ضغوطهم على بائعى التجزئة والحكومات . وقد تُحَدِّدُ النتيجةُ أيضاً المدى لتطور التطبيقات الزراعية للهندسة الوراثية على المستوى العالمى . فلقد ألحت متعددات الجنسية مثلاً إلى ضرورة أن تحقق أرباحاً من منتجاتها عالية القيمة ، فى أسواق الدول الصناعية أولاً ، قبل أن تُوَجِّه استثماراتِها فى المحاصيل عبر الجينية لإنتاج الغذاء بدول العالم الثالث .

من يستفيد ؟

لكى نفهم كيف أصبحت الأغذية المحورة وراثياً وبسرعة جزءاً من طعامنا ، من المفيد أن نوجز الآن مَنْ يستفيد منها . دُفعَت ثورة إنتاج الغذاء هذه فى الأساس بالعوامل الاقتصادية ، فلقد قُدِّر مثلاً أن السوق المحتمل للمنتجات المرتبطة بالبيوتكنولوجيا داخل الاتحاد الأوروبى سيصل على عام ٢٠٠٠ إلى ٢٨٧ بليون دولار ، وسيأتى ٧٠ %من هذا النمو من قطاع الزراعة والغذاء .

تستفيد متعددات الجنسية بطرق شتى من تطوير وبيع الغذاء المحور وراثياً . أما النموذج للشركة الحديثة متعددة الجنسية العاملة داخل هذا المجال فهو اندماج عدد مما يلى : شركة كيماويات زراعية ، شركة بذور ، شركة تصنيع غذائى ، شركة للمستحضرات البيطرية أو الدوائية . والدنا عنصر شائع فى

كل هذه المجالات ، ومن الممكن استخدامه بشكل واسع فى مجالات عديدة . من الممكن أن تُسْتَغَل فى أقسام مختلفة الفتوحاتُ البحثية فى زراعة الأنسجة أو تكنولوجيا نقل الجينات ، مثل إنتاج الطعام أو الدواء . ومن الممكن أن تستخدم التطويرات فى أحد أقسام الشركة لفتح أسواق وأرباح لقسم آخر منها . فعلى سبيل المثال تساعد المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب فى زيادة المبيعات من المبيد الذى تنتجه نفس الشركة . وحتى لو لم تُرَشّ كميات إضافية من المبيد على المحاصيل ، كما تدَّعى لا تزال متعددات الجنسية العاملة بهذا المجال ، فإن اتفاقيات ترخيص الجينات تضمن ألاَّ يَرُشّ المُزارِعُ المحاصيلَ عبر الجينية إلا بالكيماويات التى تعتمدها الشركة .

تأتى معظم أرباح تطوير المحاصيل عبر الجينية من بيع البذور ، التى تباع بعلاوة مع مبالغ للجُعْل تدفع فيما بعد . تمثل المحاصيل عبر الجينية التى أُنتجت حتى الآن استمراراً لسلالات الثورة الخضراء عالية المُدخلات عالية الإنتاج . تتطلب هذه البذور مدخلات عالية من الكيماويات الزراعية والأسمدة حتى تحقق غلتها العالية . يدفع المزارعون بالولايات المتحدة نحو 10,5 بليون دولار فى العام ثمناً للأسمدة ، ونحو 9,4 بليون ثمناً للمعدات الزراعية ، وما يزيد على الثلاثة بلايين ثمناً لبذور محاصيل الغذاء الرئيسية . وصل سوق الكيماويات الزراعية بالولايات المتحدة فى عام ١٩٩٥ رقماً قياسياً هو 10,5 بليون دولار ، والأرجح ألاَّ تُقَلِّلُ المحاصيلُ عبر الجينية هذه الأرقام .

سيجنى المزارعون على المدى القصير أرباحاً ضخمة من المحاصيل عبر الجينية ، فتقليل الحشائش ومشاكل الآفات والأمراض سيؤدى إلى ربح وفير . زراعة ذرة البى تى أو القطن عبر الجينى سيقلل ما يُنْفَق على المبيدات

الحشرية ، والمحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب تقلل من الخسائر التى تسببها الحشائش . يتضح حماس الكثيرين من المزارعين لهذه الأصناف من ضخامة ما يشترونه من البذور عبر الجينية ، واستعدادهم لدفع علاوة السعر . لكن تكنولوجيا الهندسة الوراثية فى الوقت الحالى لا تقدم حلاً متواصلاً للمشاكل الزراعية (أنظر الفصل الرابع عشر) . يخاطر المزارعون بالسقوط فى دوامة إذ يتزايد اعتمادهم على المدخلات الكيماوية . يفقد مَنْ يزرع منهم البذور عبر الجينية حقوقهم أيضاً على البذور عبر الجينية المُبَرَّأة ، ويفقدون تحكُّمَهم فى طريقة زراعة المحاصيل ، لأن الشركات التى توفر لهم هذه البذور تشرع فى فرض مستويات المُدخلات من مبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات ، التى تحمل علامة تجارية بذاتها ، وستُفرض عليهم طرق استخدام الأسمدة ، وعدد خطوط الزراعة ، وكمية مياه الرى ، وتقنيات الحصاد . سيعلِّمونهم فى الواقع كيف الزراعة !

تستفيد شركات تصنيع الغذاء من وفرة المواد الخام التى صُمِّمت لتوافق حاجاتها . أُنتجت طماطم وبطاطس عبرجينية محتواها من الجوامد مرتفع ، ومن ثم يمكن بها أن تزداد أرباح تصنيع وبيع بوريه الطماطم والبطاطس المقلية . تزداد زراعة البطاطس الآن فى المناطق الاستوائية المرتفعة . ويُقَدَّرُ أن يُزرع ثُلثُ بطاطس العالم عام ٢٠٠٠ بالدول النامية ، مقارنة بأربعة فى المائة فقط عام ١٩٥٠ . يقول مدير عام مركز البطاطس الدولى فى بيرو إن الأولوية بالعالم النامى ستكون لتطوير سلالات تقابل احتياجات صناعة الغذاء السريع ، بينما تتوسع شركات مثل ماكدونالدز داخل العالم الثالث . تُنْتَجُ الآن فواكه وخضراوات عبرجينية تمكث وقتاً أطول حتى تنضج وحتى تفسد ، وعلى هذا يقل ما يتلف من الغذاء قبل التصنيع . الهندسة الوراثية تساهم بالفعل فى تحسين اقتصاديات إنتاج الأغذية المصنعة .

تستفيد محلات السوبر ماركت أيضاً من إنتاج الفاكهة والخضراوات التى تبقى طويلاً على الرف ، إذ تقل فى هذه الخسارةُ من التلف ، وإن كانت المحاصيل عبر الجينية الموجودة حتى الآن قد طُوِّرت أساساً من أجل الأغذية المصنَّعة . يتطلب عبر الجينى من الفواكه الطازجة والخضراوات بطاقةً تقول إنه محور وراثياً . وقد يكون للتبطيق أثر ضار على مبيعات الأغذية الطازجة من فواكه وخضراوات وأسماك ، وهى التى يُظَن كثيراً أنها أكثر « صحية » . بل ولقد اقترح البعض أن الأسماك عبر الجينية قد تؤثر سلباً على الصورة التسويقية للأسماك الطازجة ككل .

يُحْبِطُ بائعى التجزئة ألاَّ يعرفوا أىَّ الأطعمة المصنَّعة يحتوى على مقومات مهندسة وراثياً . ولقد كان الإحباط حاداً بخاصة فى عام ١٩٩٦ عندما وصلت من الولايات المتحدة شحنات مختلطة من فول الصويا وأخرى من الذرة . بل لقد قام بعض هؤلاء التجار بتغيير مُوَرِّديهم لضمان أن ما يعرضونه لا يحتوى على أطعمة ناتجة عن الهندسة الوراثية .

الأرجح أن يُعَوِّض المزارعون من المستهلِك ما يدفعونه من زيادات فى ثمن البذور عبر الجينية ، وهذا لا يستقيم مع الاتجاه العام إلى انخفاض أسعار الغذاء منذ الحرب العالمية الثانية . ولقد يتجاوز مصنِّعو الغذاء وبائعو التجزئة عن بعض ما يكسبونه من استخدام المنتجات طويلة العمر ، لكن من المستبعد على وجه العموم أن تتسبب الهندسة الوراثية فى انخفاض أسعار الغذاء . إذن ، كيف سيستفيد المستهلكون؟ إن المستهلكين لا يعرفون عادة أنهم يأكلون فى غذائهم المُصَنَّع عبرجينيَّاتٍ فى منتجات الصويا أو الذرة أو البذور الزيتية (أو أنهم يشربون لبن أبقار عوملت بالسوماتوتروبين المُطَعَّم) ، لأن هذه المقومات تُضاف إلى مجمل مخزون السلع الغذائية ، ثم إن هذه السلع لا تُبَطَّق : لا يحصل المستهلكون بالضرورة على منتج أفضل نوعية ،

والحق أن متعددات الجنسية تصر على أن المحاصيل المحورة - كالصويا - لا تختلف عن غير المحور منها . وعلى هذا فإن المستهلكين لا يحصلون من الجديد إلا على القليل - فالأغذية المحورة حتى الآن قد أصبحت وفيرة - ولا يحصلون على أية فوائد غذائية ولا يعود عليهم شىء من انخفاض تكاليف الإنتاج .

من ناحية أخرى ، سيحظى المستهلكون عما قريب بنخبة من الأغذية «المُفَصَّلَة» ، حُورت للنكهة والرائحة والتركيب والشكل وغير ذلك من صفات . سيجرى تسويق هذه الأطعمة المحورة وراثياً بشدة ، وستتميز بفوائدها الصحية - فى المدى القصير على الأقل . ستُمَثِّل جزءاً صغيراً نسبياً من الطعام المحور وراثياً ، والأغلب أن يتطلب تسويقها فى العالم كله تبطيقاً خاصاً . ستكون هذه الأغذية «التفصيل» هى أكثر استخدامات البيوتكنولوجيا الجديدة وضوحاً فى إنتاج الغذاء . فطماطم فليفر سيفر مثلاً ستعقبها سلسلةٌ من ثمار أخرى بطيئة النضج أيضاً ، ورقائقُ بطاطس سريعةُ القلى قليلةُ الزيت ، وخضراوات ، وفواكه مهندَسة تحمل جينات للحلاوة . وتصبح القضية هى ما إذا كان المستهلِك سيرى فى هذه التحويرات تبريراً يكفى للتدخل فى الطعام بمثل هذه الطريقة الجذرية .

المخاطر المحسوسة والفوائد

قد يتوقف قبول الناس للأطعمة المحورة وراثياً على إدراكهم بالمخاطر والفوائد . هل فوائد هذه الأغذية تفوق مخاطرها المحتملة ؟ فى مسوح صُمِّمت لمعرفة ما تحب الجماهير أن توجَّه إليه البيوتكنولوجيا الحديثة ، استُخدم مقياس لمقارنة مخاطر وفوائد سلسلة من تطبيقات الهندسة الوراثية .

والخطر هو تقييم لاحتمال حدوث نتائج غير مرغوبة ، ويتم التقدير عادة إحصائياً ، من الخبرات السابقة . لكن « مبدأ الألفة » -familiarity princi

pleهذا لا يوجد فى تقييم مخاطر الهندسة الوراثية . وفى ضوء البحوث الأخيرة ، قد لا يكون لدينا من المعارف أو من تفهم تنظيم الجينات ، ما يمكِّننا من التنبؤ بمخاطر المهندسة وراثياً . نحتاج إذن إلى مدخل «حالة بحالة» . وحتى لو أمكن تقدير المخاطر من البيانات العلمية ، فالأرجح أنْ سنجدها مخالفة لما يشعر به الناس تجاه مخاطر الأغذية المحورة وراثياً . والأغلب أنْ سيتأثر ما يتوقعه الناس من مخاطر بحقيقة أن نتائج الأخطار على البيئة قد تكون خطيرة لا تُعْكَس ، وعلى هذا فحتى لو كانت المخاطر ضئيلة فَسَيُضَخَّم من شأنها . ولقد أمكن تحديد عدد من المخاطر المصاحبة للأغذية المحورة وراثياً ، وكان منها انتشار الجينات العابرة فى البيئة (أنظر الفصل السابع) واحتمال تطوير مقاومة البكتريا التى تحيا بأمعاء الإنسان للمضادات الحيوية (أنظر الفصل الثامن) . والمخاطر البيئية على وجه الخصوص تقترح حاجتنا إلى أسبابٍ مقنعة جداً لتبرير التحوير الوراثى للكائنات .

من الممكن أن يتغلب الناس على رفضهم الأوليِّ للتكنولوجيا ، إذا كانت هذه التكنولوجيا توفر ما يعتبرونه حاجاتٍ ضروريةً لهم . لكن والأغذية التى نتجت عن الهندسة الوراثية حتى الآن هى تحويرات لأغذية موجودة بوفرة وبنوعية ممتازة . ولقد يُنْظَر فى تشكك إلى أية تحويرات لتحسين مذاق الخضراوات ، فالناس دائماً يرون أن طعم الأصناف التقليدية أفضل . أما التحويرات لأسباب صحية ، مثل تغيير تركيب الأحماض الدهنية ، فليست بالبديل الحقيقى لتغيير الطعام إذا ما تعلق الأمر بالصحة . والأمر هنا يختلف عن استخدام الهندسة الوراثية فى حقل الدواء ، حيث الحاجة مُلِحَّة لهذه التقنية . يشير عدد من استطلاعات الرأى أن الناس تعضد تطبيقات الهندسة الوراثية التى تُنْتِجُ مثلاً العقاقير التى تنقذ الحياة ، أكثر من تعضيدهم لتطبيقاتها فى إنتاج الغذاء . أما داخل قطاع إنتاج الغذاء فإن الحيوانات عبر الجينية دائماً ما تُعتبر أقل قبولاً من النباتات عبر الجينية .

فى اسـتطلاع أُجـرى بأوروبا عـام ١٩٩٦ اتضح أن الناس يرون أن إنتـاج المحاصيل المقاومة للحشرات وللأمراض هو الأكثر نفعاً والأقل خطورة والأكثر قبولاً من الناحية الأخلاقية ، مقارنة بالأغذية ذات الحياة الأطول على الرف أو المحورة للمذاق أو للتركيب البيوكيماوى . لكن ، أحرزت كل التطبيقات المتعلقة بالطعام تقديرات أقل من تقديرات التطبيقات الطبية .

يرى الكثيرون أن استخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج حيوانات المزرعة بالدول الصناعية أمرٌ غير ضرورى ، فاللبن متوفر بالفعل بكميات كافية ، وكذا اللحم ، بل وقد يزيد الإنتاج عن اللازم . يقول النقاد إن التكنولوجيا تُستخدم أساساً لزيادة أرباح متعددات الجنسية ، أما بالنسبة لمعظم المستهلكين فهى مريبة أخلاقياً ، لأن الغاية لا تبرر الوسائل التى يُعتقد أنها تسبب كربا كبيراً للحيوانات . أما تطوير حيوانات عبرجينية لإنتاج عقاقير علاجية فى ألبانها فله منافع واضحة مفهومة ، إذ يوفر حاجات طبية محددة . على أنّا نستطيع أن ننتج هذه العقاقير أيضاً من البكتريا باستخدام عمليات بيوتكنولوجية .

لا يعادل المخاطر المحتملة من الأغذية عبر الجينية فى كثير من الحالات إلا منافع للمستهلِك تبدو قليلة ، أما ما تجنيه متعددات الجنسية والمزارعون ومنتجو الغذاء فقد تكون له آثار مذهلة ، من النواحى الاقتصادية ، ومن تقليل الفاقد من مصادر الغذاء ، وعن طريق عوامل أخرى عديدة . ومما تجدر الإشارة إليه أنه حتى لو اتضح أن مخاطر هذه التكنولوجيا تافهة ، فإن ذلك فى حد ذاته لا يكفى لضمان قبول الناس لها . لقد توصل عدد من اللجان الاستشارية إلى أن تشعيعَ الطعام مأمون ، لكن المستهلكين رفضوه .

ولما كانت المنافع التى تعود على المستهلكين من معظم الأغذية المهندسة وراثياً ضئيلة ، فإن دقة المعلومات المتاحة وكميتها تصبح أمراً حاسماً فى

تقدير المخاطر . لكن معظم التطويرات الأخيرة فى البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية قد أصبحت محاطة بالسرية ، حمايةً للمصالح التجارية . وضعت الشركات متعددة الجنسية استثمارات ضخمة فى تكنولوجيا الهندسة الوراثية ، وهى تستخدم قوانين حقوق الملكية الفكرية فى حماية هذه الاستثمارات . يتطلب الحصول على براءات التقنيات والجينات والكائنات عبر الجينية عدم النشر المسبق . ستُخفى الشركات أيضاً المعلومات حتى لا تستفيد الشركات المنافسة من تفاصيل التقدمات التقنية . ففى سوقٍ تنافسىٍّ للغاية سريع التحرك تصبح للسرية التجارية أهميةٌ قصوى .

يُقْلِقُ عدد من جَماعات المستهلكين عدم وجود تقييم مستقل لبيانات الشركة ، عندما تطلب الحصول على موافقة بتسويق الأغذية المحورة وراثياً . وهناك أيضاً حقيقة أن المألوف ألاَّ تتاح البيانات ليفحصها الجمهور . ولقد بيَّن التقييم المستقل لبيانات الشركة ، فى بعض الحالات التى أمكن فيها إجراؤه ، فروقاً بين البيانات وبين الاستنتاجات الرسمية ـ مثلاً بيانات مونسانتو عن التهاب الضرع فى الأبقار المعاملة بالسوماتوتروبين المُطَعّم (أنظر الفصل الثالث) ، كما تكشفت شذوذات فى البيانات التى تقدمت بها عام ١٩٧٤ شركة ج . د . سيرل G.D. Searle لتسجيل براءة المُحَلِّى الصناعى أسبارتيم aspartame ، فقد وَجَدَ فحصٌ مستقلٌ للبيانات أن ما استخلصته منها الشركة قد هَوَّن من السُّمِّيَّة المحتملة لهذا المُحلى . ولقد تمكن العلماء المهتمون ، فى أمريكا ، من الوصول إلى بيانات سيرل ، وذلك بإعمال قانون حرية المعلومات ، لكن مثل هذا لن يكون ممكنا فى معظم دول العالم ـ كانجلترا ـ التى ليس لديها قانون كهذا .

ثمة شعور لدى الناس بأن الهندسة الوراثية تحمل خطراً ما . لم يفعل مناخُ السرية العام الذى تفرضه الأسباب التجارية ، وافتقارُ الأغذية المحورة

إلى الفصل والتبطيق ، وسوءُ العلاقات العامة لدى صناعة الأغذية ، لم تفعل هذه جميعاً إلاَّ زيادة القلق من الأغذية المحورة وراثياً .

معركة كسب القلوب والعقول

ظَنَّت الشركات متعددة الجنسية العاملة فى الصناعات الغذائية أن تطبيق الهندسة الوراثية سيقابَلُ بالترحيب بسبب ما اعتبرتْه آثاراً طيبة على إنتاج المحاصيل وعلى البيئة ، لكنها اكتشفتْ لدهشتها أن الكثيرين يرون فى منتجات الهندسة الوراثية غذاءً ملوثاً . حسبت هذه الشركات إذن أنها لو تمكنت من تعريف الناس بالبيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية فإنهم سيتحولون إلى رأيها . لكنها قد لا تجد من المستهلكين العقلاء مَنْ تكسبهم إلى صف قضية الأغذية المحورة وراثياً . إن القضية - قَبِلَتْ هذه الشركات أم لم تقبل - قضيةٌ مشحونة بالعواطف تطرق أعماق المدى المجهول الذى يحق للبشر بلوغه فى تدخلهم فى عمليات الحياة . حددت لنا استطلاعاتُ الرأى التنافُرَ بين اهتمامات مُنَظِّمِى الصناعة بشأن الأمان والخطر ، وبين اهتمامات الجماهير بشأن القبول الأخلاقى لتطبيقات الهندسة الوراثية .

من بين المشاكل الرئيسية التى تواجه صناعة البيوتكنولوجيا ، كما ترى الاستطلاعات ، أن أعداداً كبيرة من المستهلكين لا يصدقون ما يصدر عنها من معلومات . بَيَّنت المسوح أيضاً أن الصناعة لم تستطعْ بعد أن تنقل رسالتها إلى الناس بصورة فعالة ، على عكس جماعات الضغط التى تعمل بميزانيات ضئيلة . قام مكتب تقييم التكنولوجيا بإجراء مسح ذائع الصيت عام ١٩٨٧ فى أمريكا ، سُئِل فيه الناس عن مدى تصديقهم لما تذيعه الجماعات المختلفة عن مخاطر الكائنات المحورة وراثياً . كان أساتذة الجامعات هم أكثر من يصدقهم الناس ، يليهم موظفو وزارة الصحة العمومية ورجال البيئة ، أما أكثر من لا يصدقهم الناس فهى المؤسسات التى تصنع

المنتجات ، وأجهزة الإعلام . فى مسح آخر أحدث ، قام به بارومتر أوروبا Eurobarometerعام ١٩٩٦ ، اتضح أن المنظَّمات البيئية هى أكثر من يثق الناس بأنهم يقولون الحقيقة عن المحاصيل عبر الجينية ، وحظيت الصناعة والإعلام بأقل ثقة .

فَحَصَ مسح بارومتر أوروبا أيضاً مستوى المعارف البيوتكنولوجية لدى المشتركين فى الاستطلاع ، واتضح أن مستوى المعرفة ضعيف الارتباط بتعضيد تطبيقات البيوتكنولوجيا . هناك عدد آخر من المسوح الأحدث قد توصل إلى نتيجة مشابهة ، منها مسحٌ تم فى بريطانيا مولته وزارة التجارة والصناعة أُجرِى على أناس يعيشون فى مناطق قريبة من حقول تجريب المحاصيل عبر الجينية . وبالإضافة إلى ذلك فإن استطلاعات الرأى التى أُجريت عام ١٩٩٦ قد أوضحت أن قبول الهندسة الوراثية لم يتغير عما كان عليه فى استطلاعات تمت فى أواخر الثمانينات وأوائل التسعينات عندما كان ما يعرفه الناس عن التكنولوجيات الوراثية أقل . يبدو أن هذه النتائج تقوض اعتقاد الصناعة بأن الناس على الأرجح سيقبلون الهندسة الوراثية إذا عرفوا عنها أكثر .

كثيراً ما يشعر المستهلكون بألاَّ حول لهم ولا قوة إزاء ما يحدث فى طعامهم من تغيرات كبرى ، لاسيما عندما لا يفهمون السبب فى هذه التغيرات ، وعندما لا يجدون وسيلة فعالة يصل بها إلى الأسماع ما يشغل بالهم . فى الدانيمرك انخفضت مقاومة الناس للبيوتكنولوجيا بعد أن مررت الحكومة قانوناً يلزم الصناعة والوزارات بأن تستشير الجمهور فيما يُقترح من تنظيمات تغطى التكنولوجيا والهندسة الوراثية : هذا برهان على أن إشراك الجماهير فى عملية اتخاذ القرار يقلل من عداوة الناس للبيوتكنولوجيا . لنا أن نقارن هذا بالوضع فى دول الاتحاد الأوروبى الأخرى ، حيث الاهتمام أقل بما يشغل

الناس . ففى المملكة المتحدة مثلاً هناك منفذ فى عملية الاستشارات الحكومية يسمح للشركات بأن تمضى فى التجارب الحقلية للمحاصيل عبر الجينية قبل أن ينقضى الوقت المحدد للجماهير لإبداء رأيها . حدث هذا عندما كتب البعض عن مخاوفه من تجربة أجرإيفو AgrEvo فى سفولك على بنجر السكر المقاوم للجلوفوسينيت أمونيوم ، وذلك قبل انقضاء المهلة المحددة فى ٢١ مارس ١٩٩٧ ، إذ أحيطوا علماً بأن الموافقة الحكومية قد صدرت بالفعل فى ١٧ مارس . فعلت الشركة ما فعلته فى حدود التشريعات التى تتطلب مثلاً أن يُعلن عن التجربة فى الصحافة المحلية ، لكنها تسمح فى نفس الوقت بالاسراع فى التطبيق إذا كانت التجربة الحقلية المزمع إجراؤها تشبه تجارب أُجيزت قبلاً . هذا يعنى أن الجمهور سيجد صعوبة فى معارضة زراعة المحاصيل عبر الجينية التى يتزايد شيوعها .

تعرف الشركات الآن أن مهمة تسويق الأغذية الناتجة عن الهندسة الوراثية مهمة صعبة ، ومن المفهوم أن تركز على النواحى الإيجابية للتكنولوجيا ، لكنها اتُّهمت باستخدام المصطلحات العلمية المهجورة فى ترويج الهندسة الوراثية ، لتعطى الناس انطباعاً ـ ليس صحيحاً ـ يوحى بأن التكنولوجيا مفهومة جيداً ، وبأنها مأمونة وبأنها تخضع للتنبؤ العلمى . جادل مى وان هُو ـ من الجامعة المفتوحة بانجلترا ـ بأن استخدام الهندسة الوراثية فى الزراعة يروج لفروض مفرطة فى التبسيط عن علم الوراثة ترتكز على نموذج قديم تُحَدِّد فيه الجيناتُ ـ على الجينومات ـ صفاتِ الكائن الحى بطرق خَطِّيَّة واحدةِ الإتجاه تجمعية . ولقد بينت البحوث أن الجينوم أكثر مرونة وديناميكية من هذا ، وذلك لوجود آليات مختلفة بها يُعاد ترتيب الدنا بحكم الطبيعة ومن خلال تفاعلات معقدة لجينات تعمل كما لو كانت فى شبكة (أنظر الفصل الثانى) . فالجينات العابرة مثلاً تعمل كشظايا الدنا المتحركة الموجودة طبيعياً

(الترانسبوزونات transposones) والتى تُدمج نَفْسَها عشوائياً فى أى مكان بالجينوم ، لتكون النتيجة ألاّ تؤدى الجينات الأصلية وظيفتها على الوجه الصحيح . وعلى هذا فإن بيع الأغذية المحورة وراثياً باستغلال هذه النظرة المبسطة للعمليات الوراثية ، سيضلل المستهلك بشأن المخاطر الصحية والإيكولوجية المحتملة للتكنولوجيا .

من الصحيح حقاً أن تقنيات الجيل الأول لنقل الجينات كانت أكثر اعتسافاً مما توحى به أدبيات متعددات الجنسية للترويج . لا تُعَبِّر الجيناتُ العابرة عن نفسها إلا فى عدد محدود من الكائنات التى تخضع لتقنيات النقل ، كما أن مستوى التعبير يكون ضعيفاً ومتبايناً . وبسبب هذا الاستقرار غير المُرْضِى للجينات العابرة - الناتج عن عشوائية الطريقة التى تُولَج بها فى الجينوم - تلزم إضافة الجينات الواسمة للتعرف على المادة التى نجح تحويرها . كما أن تقنيات نقل الجينات تعنى أيضاً أنَّا قد لا نستطيع التنبؤ بمدى تعبير الجينات العابرة عن نفسها .

ولقد وقعت عند إطلاق الكائنات المحورة وراثياً إلى البيئة آثار عديدة لم يكن لنا أن نتنبأ بها . فعندما أُطلقت بكتيرة التربة كليبسيلا بلانتيكولا *Klebsiella planticola* المُهَنْدَسَةُ لإنتاج الإيثانول من مخلفات المحاصيل ، اتضح أنها على غير المتوقع تثبط نمو بادرات القمح بسبب تأثيرها السام على الفُطريات النافعة بالتربة . لوحظ مثل هذا الأثر الضار أيضاً على فُطْريات التربة عندما هُنْدِست بكتريا سيدوموناس بيوتيدا *Pseudomonas putida* لتحليل مبيد الأعشاب ٢ ،٤-د (2,4 - D) . من بين المخاطر البيئية التى قد تسببها المحاصيل عبر الجينية أيضاً ، احتمال انتقال جينات مقاومة مبيدات الأعشاب إلى أنواع الحشائش . تبدو مثل هذه الاحتمالات أكبر فى ضوء ما ظهر مؤخراً من الطبيعة الدينامية للجينوم ، ولو أن المخاطر الواقعية قد تكون ضئيلة لا تزال .

ربما كانت أخطر مشاكل العلاقات العامة بالشركات متعددة الجنسية العاملة فى صناعة البيوتكنولوجيا هى وفرة الأغذية التى تُحَوَّر وراثياً ، وتطوير المحاصيل المقاومة لمبيدات الأعشاب ، التى يُعتقد أنها سترفع من مستويات الكيماويات الزراعية فى البيئة . تتوفر بالفعل فى الدول الصناعية منتجات كثيرة محورة ، مثل اللبن الناتج عن السوماتوتروبين البقرى المحور ، والفواكه والخضراوات المهندسة لحياة أطول على الرف ، وأسماك للزراعة مهندسة لمعدلات نمو سريعة وعلى هذا يرى البعض أن كلٌ تطبيقات الهندسة الوراثية فى إنتاج الطعام تافهةٌ نسبياً ، لا تقلل النفقات ولا يستفيد منها المستهلك إلا قليلاً - إن استفاد ، لكنها فى نفس الوقت خطرةٌ لا يمكن التنبؤ بعواقبها وملوِّثةٌ للبيئة . ولقد توصل البعض ، بالنظر إلى اختيارات أولى المنتجات ، إلى أن الشركات لم تفكر كثيراً فى أمر المنتجات التى ترفع ثقة المستهلك فى البيوتكنولوجيا . فُهِم أن متعددات الجنسية قد اندفعت فى التطوير ، دون استراتيجية أو تخطيط للمدى الطويل ، ولم تُولِ انتباهاً لمخاوف الجمهور المحتملة .

يبدو أن جماعات البيئيين ، وغيرهم من المنشغلين بالهندسة الوراثية ، قد كسبوا الجولات الأولى فى معركة كسب القلوب والعقول . على أن الصناعات الغذائية تقوم الآن برد الهجوم ، وتحاول أن تطمئن الناس بأن الأطعمة المحورة وراثياً أطعمة مأمونة . إن المطلوبَ هو حملةٌ واسعة لإعادة الثقة ، فى أوروبا على الأقل . وقد تكون هذه مهمة صعبة إذا لم تتخذ متعددات الجنسية سياسة أكثر انفتاحاً على الجمهور ، أو لم تخضع نفسَها لمشاورات أوسع ، ولم تلجأ إلى الحلول الوسط فى موضوع الفصل والتبطيق . إن الواضح أن محاولة ادعاء أنها فى موقع ممتاز - كما تقول مونسانتو وسيبا-جايجى وغيرهما - لأن العلم والمنطق فى جانبها ، لم تخدم قضيةَ الأغذية المحورة وراثياً .

فى يونيو ١٩٩٥ أجرى اتحاد منظمات الطعام والشراب بالمملكة المتحدة

استطلاعاً أعاد الطمأنينة إلى متعددات الجنسية ، إذ وجد أن ٦٨ %من الناس يقولون إنهم لا يعرفون شيئاً عن البيوتكنولوجيا . أوضح الاستطلاع أن معظم المستهلكين بالمملكة المتحدة لا يتحمسون بتهور للأغذية من المحاصيل عبر الجينية ، ولا يعارضونها بشدة . وعلى هذا ـ يقول تحليل الاستطلاع ـ فإن الجماهير ما زالت فى انتظار من يوجهها إلى هذا الطريق أو ذاك . طرح هذا الاتحاد ـ الذى يزكى الأغذية المحورة وراثياً ـ مبادرته «مستقبل الغذاء FoodFuture» عام ١٩٩٥ لرفع معارف البريطانيين عن الأطعمة المحورة وراثياً . فى هذه المبادرة ، وغيرها من المبادرات المعضِّدة للصناعة فى ذلك الوقت ، كان التأكيد على الاستمرارية بين البيوتكنولوجيا القديمة التى تبلغ من العمر قروناً وبين تحسين المحاصيل بالهندسة الوراثية ، وعلى أن الأغذية المحورة مأمونة ، وعلى حقيقة أن الأغذية الناتجة باستخدام الهندسة الوراثية مطابقة لتلك الناتجة باستخدام التقنيات التقليدية .

فى يونيو ١٩٩٧ بدأت أكبر حملة قامت بها العلاقات العامة للصناعة فى أوروبا للترويج للأغذية المحورة وراثياً ، وذلك بالشروع فى أول تحرك عام لاتحاد أوروبابيو EuropaBio ، وهذا اتحاد يضم كبريات متعددات الجنسية وشركات البيوتكنولوجيا وشركات الغذاء العاملة فى الهندسة الوراثية ، مثل مونسانتو ، ونوفارتيس ، وأجرإيفو ، وورون ـ بولينك Rhone _ Poulenc ، ونسله ، ويونيليفر . بادر هذا الاتحاد بحملة مَوَّلها ببضعة ملايين من الدولارات لتحويل فكرة الناس عن الأغذية المحورة وراثياً . اعترف الاتحاد فعلاً بضرورة الإصلاح الجذرى الشامل للعلاقات العامة ، فلجأ إلى مكتب مستشارى إدارة الأزمات بيرسون ـ مارستيلَّر Burson _ Marsteller . نَصَح المكتب بتجنب مناقشة المخاطر التى تسببها الأغذية المحورة ، والابتعاد عن المدخل المنطقى المرتكز على الحقائق الذى أثبت فشله حتى ذلك الحين ،

واقترح أن تركز الصناعة بديلاً عن ذلك على الرموز وأن تؤكد على مفاهيم كالعناية والرضا والأمل . ثم أُشير على الصناعات الغذائية بأن أفضل طريقة لإثارة استجابة مواتية من المستهلك هى تَقَبُّل النظام القانونى بدلاً من اتباع موقف المواجهة . أيد الاتحاد حق المستهلك فى الاختيار ، وقَبِل إرشادات التطبيق الأكثر صرامة التى أصدرتها المفوضية الأوروبية فى يوليو ١٩٩٧ ، لكن كبرياتِ متعدداتِ الجنسية المحركة للاتحاد بعثت برسالة للرئيس الأمريكى بيل كلينتون تحثه فيها على أن يهدد الاتحاد الأوروبى بالعقوبات الاقتصادية تحت قوانين منظمة التجارة العالمية إذا لم يسمح لمحاصيلها بالدخول إلى السوق الأوروبية دون فصل أو تبطيق .

وعلى عكس الاستطلاع الذى قام به اتحاد منظمات الطعام والشراب عام ١٩٩٥ والذى توصل إلى أن قِلَّةً فقط من الشعب البريطانى يعارضون بقوةٍ الأغذية المحورة وراثياً ، هناك تقرير مستقل نشرته فى مارس ١٩٩٧ شركة يونيليفر ، وجرين ألأيانس Green Allianceوجامعة لانكستر ، أوضح « درجةً مزعجة من القلق العام الكامن ، حول الأغذية المحورة وراثياً » . يقول هذا التقرير إن ٨٦ %من سكان المملكة المتحدة يؤيدون تبطيق هذه الأغذية ، بينما رأى قلةٌ مميزاتٍ فى المذاق (١٠%) الاقتصاديات (١٩%) والصحة (٩%) . انتهى التقرير إلى أن قلق الجمهور لم يكن موجهاً من قِبَلِ شبكات سياسية أو تنظيمية . إن احترام رأى الجماهير أمر أساسىٌّ إذا كان ثمة ادعاء « بالديموقراطية» .

كانت استطلاعات الرأى جوهريةً للمناقشات ، فى الدفاع عن الأغذية المحورة ، وكذا ـ بل وأساساً ـ ضدها . إن لها أهمية قصوى فى الجدل ، لكنها كما رأينا قد تعطى استنباطات متضاربة . لقد حان الوقت كى ننظر نظرةً نقدية لاستطلاعات الرأى ونُقَيِّم قصورها . إن تقييم مواقف المستهلك

بالنسبة للمفاهيم الجديدة أمر عسير . ولقد ينشأ التحيز بسهولة من خلال طريقة صياغة السؤال ، لاسيما إذا لم يكن لدى الجمهور تفهم واضح للموضوع ، فمن السهل فى هذه الاستطلاعات أن « تُشْحَن » الأسئلة بالكثير . إن تغيراً بسيطاً فى صياغة السؤال قد يسبب تأرجحات واضحة ضخمة فى الرأى ، بينما قد تؤدى المعلومات التى تُوَفَّر لمن يُسأل إلى تغيرات هائلة فى إدراكه للقضية . وعلى سبيل المثال ، انتقدت مونسانتو استطلاعاً تم بالمملكة المتحدة عام ١٩٨٨ ادعى أن ٨٣ %مِمَّن اشتركوا بالرأى يعارضون السوماتوتروبين البقرى (س ت ب) . كان السؤال الذى طُرِح هو : « يجب أن يبقى لتر اللبن اليومى كما هو ، ولا يصح أن يأتى من بقرة حقنت بهرمون س ت ب » . لم تُفَسَّر ماهية هذا الهرمون ولا كيف يعمل . تدَّعى مونسانتو أن الاستطلاع كان مضلّلاً ، فالبيانات لم توضح أى فرق بين لبن الأبقار المعاملة بالهرمون وبين لبن الأبقار غير المعاملة ، وعلى هذا فإن « لتر اللبن اليومى» سيبقى دون تغيير حتى لو جاء من حليب بقرة حُقنت بهرمون س ت ب .

من مواطن ضعف استطلاعات الرأى أن أقلية ضئيلة فصيحة وملتزمة يمكنها أن تغير من موقف الأغلبية ؛ وأن التفسير قد يكون غير واف ، فاختيار البعض من البيانات دون الآخر قد يوفر لجماعات الضغط مخالب تدعم وجهة نظرها الخاصة ؛ كما أن الاستطلاعات تقنية عامة غير دقيقة وكثيراً ما لا توفر معلومات مفصلة لتفهم القضية . وعلى سبيل المثال تُمَيِّز جويس تيت فى نقدها لاستطلاعات الرأى بين فئتين من المشتركين فى الاستطلاع ، فئة تهتم بمصالحها الشخصية وباستخدامات محددة للبيوتكنولوجيا فى أماكن محددة (فئة « نيمبى » NIMBY وتعنى « ليس فى فنائى الخلفى ») ، وفئة أخرى تحركها الاعتبارات الأخلاقية أو القِيَمِيَّة وتهمها التكنولوجيا

جميعاً على أساس كُرْضِى global(فئة « نيابى » NIABY ، وتعنى «ليس فى الفناء الخلفى لأى شخص ») . كما أن التناقضات الذاتية كثيراً ما تظهر فى استطلاعات الرأى المنشورة . فقد نجد مثلاً أن نسبة معنية ضئيلة فقط ممن سئلوا تدعى أنها تعرف التكنولوجيا ، ثم نجد أن نسبة أعلى بكثير قد قَيَّمت المخاطر التى قد تسببها هذه التكنولوجيا .

لا يلزم دائماً أن تتوافق المواقف التى يُعَبَّر عنها فى الاستطلاعات مع السلوك ، فالتعبير عن رفض الغذاء المهندس وراثياً ، مثلاً ، قد لا يتوافق مع الطريقة التى تُختار بها الأطعمة فى السوبر ماركت . ثمة عوامل أخرى قد يكون لها تأثير كبير على قرارات الشراء ، عوامل مثل العلامة التجارية أو السعر أو المَصْدَر . ومع ذلك فقد كانت الشركات المنتجة للأطعمة المحورة وراثياً تتتبَّع بحماس استطلاعاتِ الرأى ، إذ تعرفها بفعالية الحملات التى تقوم بها أقسام العلاقات العامة . الواضح أن هذه الأقسام كانت على العموم تؤدى خدمة فقيرة . أصبح على متعددات الجنسية إذن أن تعتنى بالاستماع إلى النقد الموجه ضدها ، وأن تغير مدخل العلاقات العامة عند محاولة استعادة ثقة الناس فى الأغذية المحورة وراثياً . بدأت العمل مثلاً مع مكتب بيرسون-مارستيلر الذى يرى أنه من الممكن بالنسبة لأى قضية أن يُطَوَّع الرأى العام أو « الباثولوجيا الاجتماعية للغضب العام » . وقد تتحول حملات الميديا من تقارير واقعية مرتكزة على العلم إلى مواضيع تؤكد الفوائد المتوقعة للتكنولوجيا مُصَاغة بصورة عامة وعاطفية ، « تحاول أن تطفىء النار بالنار » . إن هذا سيعالج التنافر الذى ذكرناه سابقاً بين المخاطر والمنطق من ناحية ، وبين القبول الأخلاقى من ناحية أخرى . ليس من الواضح عند وضع هذا الكتاب إلى أى مدى سيؤثر هذا التغير على الرأى العام .

ورغم ما باستطلاعات الرأى من قصور إلا أن رسالتها عادة ما تكون

واضحة . ثمة استفتاء كان له دَوِيٌّ كبير تم بالنمسا فى أبريل ١٩٩٧ وشمل ١ .٢ مليون شخص ، ووُوفق فيه على مايلى : « لا غذاء من معامل الوراثة بالنمسا ؛ لا تجارب حقلية للمحاصيل المُنَابَلَةِ وراثياً بالنمسا ؛ لا براءات على الكائنات الحية » . ثمة إشارة واضحة موجهة للحكومة فى هذا العدد الضخم من المشتركين ، نحو خُمْس تعداد السكان ، وهذه الأغلبية الهائلة ، إشارة تقول إن الناس لا يريدون الطعام المهندس وراثياً . أُجرى عدد من الاستطلاعات الأخرى فى أوروبا لتُبَيِّن أيضاً معارضَةً قوية للغذاء المحوَّر وراثياً . وصلت أولى شحنات صويا مونسانتو عبر الجينية إلى استراليا ونيوزيلنده فى نوفمبر وديسمبر ١٩٩٦ فقامت على الفور معارضة شعبية عارمة . أجرى مكتب أ .ج .ب ماكلير - مُفَوَّضاً من جرينبيس وغيرها من جماعات البيئيين - استطلاعاً أوضح أن ٦٠ %من أهالى نيوزيلنده يتخوفون من الأغذية المحورة وراثياً ، الأمر الذى دفع هيئة الغذاء لاستراليا ونيوزيلنده إلى اقتراح قرارات أكثر صرامة تحكم هذه الأغذية ، وأصبح على الشركات التى ترغب فى تسويق أغذيتها المحورة أن تطلب موافقة هذه الهيئة .

لنا أن نعتبر المعارضة المتنامية للأغذية المحورة وراثياً جزءاً من تخوف أوسع يحيط بالممارسات الزراعية وطرق إنتاج الغذاء . فأزمة س ت ب فى المملكة المتحدة مثلاً ـ بجانب الخوف من تلوث الغذاء ـ قد أيقظت اهتمام المستهلكين بسلامة غذائهم . لقد وقعت الأغذية المحورة أسيرةَ تحولٍ فى الموقف ضد الزراعة المُصَنَّعَة .

اكتُشف مرض التهاب الدماغ الاسفنجى فى البقر ، أو جنون البقر ، فى بريطانيا عام ١٩٨٦ . عرف أن السبب فى هذا المرض هو الإضافات البروتينية الرخيصة التى تقدم للماشية والتى تحتوى على جثث مُعَامَلَة لأغنام بعضها مصاب بمرض الاسكرابى scrapie ـ إحدى صور مرض التهاب الدماغ

الاسفنجى . زاد من انتشار الوباء أنْ كانت جثث الأبقار المصابة تُعَامَل وتقدم غذاء لأبقار أخرى . وفى الفترة ما بين ١٩٨٦ و ١٩٨٨ كانت الأبقار المصابةَ بهذا المرض تُرْسَل للذبح لتدخل فى سلسلة غذاء الإنسان . وفى عام ١٩٩٥ أُعلن عن أولى حالات صورةٍ من مرض كرويتسفيلد - ياكوب ، الصورة البشرية من التهاب الدماغ الاسفنجى ، وكانت مرتبطة بأكل لحوم الأبقار المصابة . وعلى صيف ١٩٩٧ وصل عدد الحالات فى بريطانيا إلى العشرين .

أدت الرغبة فى توفير مصاريف تغذية الحيوان فى حالة جنون البقر إلى أن «يأكل الحيوان لحم أخيه الحيوان» . ولقد أكمل ذلك حَلْقَةَ عدوى أدت إلى وباء جنون البقر فى الماشية . وعلى عام ١٩٨٩ أُعلن عن إصابة ١٦٠٠٠٠ بقرة بهذا المرض ، وهذا تقدير متواضع إذا أخذنا فى الاعتبار طول فترة حضانة هذا المرض . عُرِف أن الكائن الحى قد عَبَرَ حاجز الأنواع من الأغنام إلى الأبقار ، لكن الحكومة قللت من احتمالات عبوره إلى البشر . ثمة دراسة مستقلة قَدَّرت عدد الأبقار المصابة التى دخلت إلى سلسلة غذاء الإنسان فى انجلترا حتى عام ١٩٨٩ بنحو ٤٤٠٠٠٠ بقرة . ولقد تكرر تضليل الجماهير بشأن أمان أكل لحم الأبقار . وفى عام ١٩٨٩ فُرِض حظر رسمى على فضلات الذبائح ، لكن اتضح فيما بعد أن المجازر لم تكن تلتزم بهذا الحظر التزاماً صارماً . ومن المحتمل أن المادة المصابة ظَلَّت تدخل سلسلة غذاء الإنسان حتى نهاية ١٩٩٥ . وفى يونيو ١٩٩٧ ثار الشك فى أن جنون الأبقار قد يكون أكثر تواتراً وانتشاراً فى أوروبا بحالها - إن يكن قد هُوِّن فى الإعلان عنه .

تزايد فى انجلترا عدد حالات التسمم الغذائى بنحو ٦٠ %منذ أوائل الثمانينات ، وهذا اتجاه شائع فى الكثير من الدول الصناعية . ولقد يعزى قدر

كبير من هذه الزيادة إلى تكثيف الزراعة . فى أواخر الثمانينات أعلن عن مستويات مرتفعة من السالمونيلا *Salmonella* فى البيض وفى الدواجن ، كما تزايد تفشّى غير هذه من الملوّثات البكتيرية ، مثل التلوث ببكتريا ليستريا *Listeria* وكامبيلوباكتر *Campylobacter* . وُجِّه النقد إلى المعايير الصحية بالمجازر البريطانية وذلك فى سلسلة من التقارير ، ورُبِطت بتفشى التسمم الغذائى الحاد الذى تسببه السلالات المرضية من البكتريا - مثل بكتريا إ .كولاى ١٥٧ . (*E.coli* 0157) .

الأرجح إذن أن يصبح المستهلكون أكثر حذراً عن ذى قبل فيما يتعلق بأمان غذائهم . ولقد أصبح لقلق المستهلك الآن أولويةٌ عليا - على الأقل فى المملكة المتحدة . أعلنت الحكومة البريطانية فى يناير ١٩٩٧ عن تشكيل وكالة مستقلة لمعايير الغذاء تراقب أمان الغذاء ، مُسَلِّمةً بذلك بأن الجماهير لم تعد تثق بالأجهزة الحكومية فى هذا الشأن . وفى أثناء ذلك بدأت حكومة العمال ، المُنتخبة فى مايو ١٩٩٧ ، فى تحويل قضايا أمان الأغذية من وزارة الزراعة إلى وزارة الصحة . كانت وزارة الزراعة تقليدياً تلعب دوراً مزدوجاً ، فهى تعمل فى إعانة وتشجيع إنتاج الغذاء والصناعات الغذائية ، كما تعمل فى حماية الصحة العمومية . ولقد رأى الكثيرون أنها تضع المصالح التجارية فوق قضايا الصحة العمومية .

ينشأ القلق المتزايد من الزراعة الحديثة وممارسات إنتاج الغذاء فى الدول الصناعية ، من التخوف من الإضافات الكيماوية ، واحتمال وجود بقايا المضادات الحيوية وهرمونات النمو فى اللحوم ، وبقايا مبيدات الآفات فى الخضراوات . وبالإضافة إلى ذلك فإن الكثير من جماعات المستهلكين والبيئيين تشغلهم السلطة السياسية المتزايدة لمتعددات الجنسية ، التى تعطى هذه الشركات - عندما ترتبط بتكريض اتفاقيات التجارة الحرة وبتأثيرها

داخل منظمة التجارة العالمية - تعطيها نفوذاً أكبر فى عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بالزراعة .

أما خيبة الأمل من الزراعة المصنَّعة فتنعكس فى عودة الروح إلى الزراعة العضوية فى أوروبا ، فى ألمانيا مثلاً وفى النمسا وسويسره . وفى الدانيمرك ، حيث القلق من ارتفاع مستويات مبيدات الآفات فى المياه الجوفية ، حُظِر بالقانون استخدام ١٥٠ من منتجات المبيدات فى يوليو ١٩٩٧ ، بل وتنظر الدولة فى أمر التوجه بالكامل نحو الزراعة العضوية وحظر استعمال المبيدات تماماً . صحيح أن الزراعة العضوية لا تشكل إلا ١ %فقط من الإنتاج الزراعى الكلى للاتحاد الأوروبى ، إلا أن المساحات التى زرعت بالطرق العضوية قد تزايدت عشرة أضعاف منذ أوائل الثمانينات . هناك الآن نحو ٥٠٠٠٠ مؤسسة فى الاتحاد الأوروبى تستخدم الطرق العضوية لزراعة نحو ١,٢ مليون هكتار . يعرض الآن الكثير من سلاسل السوبر ماركت الأوروبية كميات متزايدة من المنتجات العضوية ، والعادة أن تُضاف علاوةٌ على أسعار هذه المنتجات ، فالزراعة العضوية تعطى قيمة مضافة . ولقد ازدادت أعداد مَنْ يأكلون غذاء النباتيين زيادة كبيرة فى الكثير من الدول الصناعية ، بسبب المخاوف من أكل اللحوم فى أعقاب أزمة جنون البقر ، وبسبب القلق حول رفاهة الحيوان فى الزراعة المكثفة .

بدت الأغذية المحورة وراثياً وكأنها قد وصلت فجأة إلى الأسواق ، وصلت خلسةً ، وهناك الآن عدد مذهل من مثل هذه الأغذية فى دور التطوير . يتناقص الآن بثبات الزمن الذى ينقضى ما بين الكشف العلمى وبين نقله إلى التكنولوجيا ، وهذا لا يوفر للناس وقتاً كافياً يقيِّمون فيه تضمينات المبتكرات التكنولوجية . يتسع استخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج الأغذية بمعدل أسرع من معدل تفهم الناس أو قبولهم لها . حاولت السياسة

الاجتماعية فى الوقت نفسه أن تُجاريَ التقدم السريع الذى يحدث فى إنتاج الأغذية المحورة وراثياً . التشريعات مطلوبة لاستعادة ثقة الناس ، لكن المشرِّعين يدركون أن أمامهم مهمة صعبة لبلوغ التوازن الصحيح ، فالقوانين إذا كانت صارمة للغاية خنقت التقدم فى البيوتكنولوجيا ، وإذا كانت متساهلة للغاية فقدت ثقة الناس . لابد للمجتمع أن يقرر ما إذا كان العائد من الأغذية المحورة وراثياً يعادل المخاطر التى ستتعرض لها البيئة وصحة الإنسان - مخاطر قد تكون حقاً ضئيلة نسبياً ، لكنها تخرج عن نطاق التنبؤ كما أن آثارها على البيئة ثابتة لا تُعكس . إن الأمر يتطلب مهلة من الوقت لتقييم التضمينات الأوسع للهندسة الوراثية . بما فيها النتائج بعيدة المدى على الزراعة وعلى البيئة وعلى صحة الإنسان .

وُجِدت الأغذية المحورة وراثياً لتبقى . فى عام ١٩٩٧ زرع بالولايات المتحدة أربعة ملايين هكتار بمحاصيل عبرجينية . ويقدر أن ٦٠ %من بذور المحاصيل التى ستباع بالولايات المتحدة عام ٢٠٠٠ ستكون ذات خصائص محورة . فإذا كان لاتجاه عام ١٩٩٦ وعام ١٩٩٧ أن يستمر فإن الغالبية العظمى من الأغذية المصنَّعة ستحمل مقومات محورة وراثياً . وعما قريب ستُنتج بالهندسة الوراثية نسبةٌ كبيرة من أغذية الناس بالدول النامية ، أو ستحتوى على كائنات محورة وراثياً . قد يبطىء اعتراض اجتماعى هائل من الانتشار السريع لهذه التكنولوجيا فى إنتاج الغذاء . ربما كان هذا يحدث فعلاً فى بعض الدول ، لكن الأمر يتطلب لا أقل من ثورة اجتماعية لوقفها .

للهندسة الوراثية القدرة على إفادة الإنتاج الزراعى فى الأمم الصناعية وفى العالم الثالث ، لاسيما إذا طُوِّعت إلى مقياس محلى فى الحالة الأخيرة . تُجرى الآن برامج تجريبية تهدف إلى إنتاج سلالاتٍ جديدة من محاصيل مجالات نموها أوسع ، مقاومةٍ للجفاف ولظروف التربة الفقيرة ، ومقاومةٍ

لسلسلة من الآفات والأمراض . إذا ما كان لهذه التقنية أن تُحقق كل قدراتها الكامنة ، فلابد أن تحظى بالقبول العام ، ولا بد أن يكون لها استمرارية اقتصادية فى المستقبل ، ولا بد أن يكون لها هيكل تشريعى عملى . ولقد تُهَدَّدُ هذه القدرات الكامنة إذا ما أدى الاندفاع نحو الأرباح السريعة - يشجعه نهم الشركات - إلى زيادة تشريعات التقنية . قد يكون لذلك آثار عكسية على مجال البيوتكنولوجيا بأكمله ، بما فى ذلك تنمية العالم الثالث .

إذا كان للهندسة الوراثية أن تُسهم إسهاماً له قيمته فى إنتاج الغذاء فى المستقبل ، فلابد أن يتم ذلك من خلال الجدل المفتوح والتعاون الواسع بين الصناعة والجامعات والحكومات . إن المخاطر المحتملة من التلوث الوراثى للبيئة ، والمخاطر على صحة الإنسان والحيوان ، تتطلب أن تُراقَب الهندسة الوراثية مراقبة دقيقة . لابد أن يحمل المجتمع مسئولية التشريع وأن يستعمل الأحكام الاعتبارية فى تقرير كيفية استغلال التقنية . لا يصح أن تكون قوى السوق هى العامل الأوحد عند تحديد كيفية تطوير التقنية . لقد أعرب الناس من خلال الاستفتاءات واستطلاعات الرأى عن وجهة نظرهم فى تطبيقات معينة للهندسة الوراثية . وقد يعتبر المجتمع فى بعض الحالات أن الفوائد التى تعود عليه من الهندسة الوراثية لا تبرر المخاطر المحتملة . إن الكثير من الأغذية الموجودة حالياً بالسوق ، والتى تحمل مقومات محورة وراثياً ، لا تفيد المستهلك على الاطلاق ، وإنما تسبب مخاطر إيكولوجية وصحية لم نفهمها بعد كما يجب ، كما أن الغالبية العظمى من الناس بالكثير من الدول الصناعية لا يرحبون بها . فإذا كان للهندسة الوراثية أن تُستخدم فى إنتاج الغذاء ، فلابد أن تُطَوَّر ديموقراطياً وبمساعدة الحكومات ، لإنتاج مجال عريض من التحسينات الزراعية ، التى لا تُوَفِّر المكاسَب فقط للمنتجين ، وإنما تُوَفِّر الفوائدَ أيضاً للناس بالعالم كله .

معجم

(إنجليزى - عربى)

(A)

آكسيل
Accell

أجروبكتريوم ريزوجينيس ، بكتيرة
Agrobacterium rizogenes

أجروبكتريوم توميفاشنس ، بكتيرة
Agrobacterium tumefaciens

ألكاليجينز يوتروفص
Alcaligenes eutrophus

أليل
alleles

أليرجينات
allergens

أليرجية ، حساسية
allergy

إنزيم ألفا -١- أنتى تريبسن
alpha_1_ antitrypsin

فطر البقعة البنية
Alteria longipes

القطيفة ، نبات
Amarantus hybridus

حمض أميني
amino acid
أميليز
amylase
سكتة العوار
anaphylactic shock
عقرب شمال أفريقيا
Androctonus australis
مضادات حيوية
antibiotics
أنتيجين
antigen
جين التعطيل
antisense gene
أرابيدوبسيز ثاليانا ، نبات
Arabidopsis thaliana
أسبارتيم
aspartame
أسبرجيلًص نَيْجر ، فطر
Aspergillus niger
فراشة البرسيم الحجازى الأنشوطة
Autogrpha californica
شجرة النيم
Azadirachta indica
الأزاديراختين

azadirachtin

أزوسبيريلّم ، بكتيرة

Azospirillum miliaceum•

(B)

جنون البقر ، مرض

B S E

هرمون السوماتوتروبين البقرى(س ت ب)

(bovine somatotropin)B S T

باسيلًّص أميلوليكفاشِنس ، بكتيرة

Bacillus amyloliquefaciens

باسيلًّص تورينجينسيز ، بكتيرة

Bacillus thuringiensis

فاجات

bacteriophages

فيروسات عصوية

baculoviruses

تكييس

bagging

أزواج القواعد (زق)

base pairs

قواعد

bases

جوز البرازيل

Bertholletin excelsa

بيتا-جلاكتوسيديز ، إنزيم

beta_galactosidase

بيولستى

biolistic

بيوطبي

biomedical

تنظيف بيولوجى

bioremediation

السَّمَار

blackgrass

جين أزرق

blue gene

البلوجنيز

blue jeans

براسيكا كامبيستريس

Brassica campestris

شلجم الزيت

Brassica napus

كُرُنْبيات

brassicas

بروموكسينيل

bromoxynil

الهالوك

(*Orobanche* spp.) broomrape

(C)

نباتات ك٣

C3 plants

كامبيلوباكتر ، بكتيرة
Campylobacter
خميرة كانديدا يوتيليس
Candida utilis
كانولا
canola
محاصيل نقدية
cash crops
الصلور ، سمك
catfish (*Clarins* spp.)
كيتين
chitin
كلورامفينيكول
chloramphenicol
كلوروبلاستات
chloroplasts
كلوروتتراسيكلين
chlorotetracycline
كيموزين
chymosin
سيميت
CIMMYT
الصلور ، سمك
. *Clarins* spp
الفواكه الحرجة

climacteric

لجنة الكودكس

Codex commission

خنفساء بذور اللوبيا

Collosobruchus maculatus

اقتران

conjugation

قاطرات

constructs

لوبيا

cowpea (*Vigna anguiculata*)

تدرن تاجى ، مرض نباتى

crown gall

كانتالوب

Cucurbita melo

الحامول

. *Cuscuta* spp

شبوط ، سمك

Cyprinus spp.

(D)

اقتضاب

deletion

حامض نووى ديوكسى ريبوزى

deoxyribonucleic acid

تصحر

desertification

دكسترينات

dextrins

توتية الصدفة

Dioscoreophyllum cumminisii

دنا

DNA

مُخلِّق الدنا

DNA synthesizer

الحامول

(*Cuscuta* spp.) dodder

دوللى

Dolly

(E)

ثَقْب بالكهرباء

electroporation

إنزيم

enzyme

وكالة حماية البيئة (وح ب)

EPA

إيشيريشيا كولاى (إ . كولاى)

Escherichia coli

حقيقيات النواة

eukaryotes

إكسونات

exons

(F)

مبدأ الألفة

familiarity principle

مصلحة الغذاء والدواء (م غ د)

FDA

اختبارات حقلية

field tests

فليفر سيفر (طماطم)

Flavr Savr

ذرة صوانية

flint corn

سمكة الفلاوندر

flounder

فيروس مبرقش ناعم الملمس

FMV

فراولة

Fragaria chiloensis

لوبيا

french beans

(G)

الجافتا

Gafta

زهرة اللَّبن

Galanthus nivalis

اتفاقية الجات

GATT

قاذفة الجينات

gene gun

صائدو الجينات

gene hunters

مكتبات الجينات

gene libraries

خريطة الجينات

gene map

مستودع جينى

gene pool

ثورة الجينات

gene revolution

شفرة وراثية

genetic code

هندسة وراثية

genetic engineering

جينوم

genome

تركيب وراثى

genotype

كُرْضِي

global

جلوكورونيديز ، إنزيم

glucoronidase

جلوتينين
glutenin
فول الصويا
Glycine max
الجَوْلَق ، نبات
gorse
ثورة خضراء
green revolution

(H)

مرض الجذور الشعرية
hairy root disease
فراشة هليوثيس
Heliothis
هليوثيس ، حشرة
Heliothis
دودة براعم الطباق
Heliothis virescens
سلم حلزونى
helix
فطر لفحة الأوراق (هلمنثوسبوريوم مايزيس)
Helminthosporium maysis
مبيدات أعشاب
herbicides
فيروس نقص المناعة البشرى
HIV

نباتات مُضيفة
host plants
مُؤَنْسَنَةً
humanized
هيجرومايسين ـ ب
hygromycin B

(I)

ناقصة «الثلج»
"ice" minus
الإميدازولينونات
imidazolinones
خطوط مرباة داخليا
inbred lines
المقاومة المُسْتَحَثَّة
induced resistance
مبيدات حشرية
insecticides
عوامل النمو شبيهات الإنسولين ١(ع ن إ -١)
insulin_like growth factor 1 (IGF 1)
حقوق الملكية الفكرية
intellectual property rights
تحميل
intercropping
إدخالات
introductions

إنترونات
introns
التشعيع ، تقنية
irradiation
المعهد الدولى لبحوث الأرز (إيرى)
IRRI

(J)

جينات نطاطة
jumping genes

(K)

كانامايسين
kanamycin
كاتيمفى
katemfe (*Thaumatococcus daniellii*)
كليبسييلا أُزينى ، بكتيرة
Klebsiella ozaenae
كليبسييلا بلانتيكولا ، بكتيرة
Klebsiella planticola
كليبسييلاً ، بكتيرة
Klebsiella pneumoniae
خميرة كلوفيرمايسيز
Kluyveromyces lachs
كروێتسفيلد ـ ياكوب ، مرض
Kreutzfeldt _ Jakob

(L)

تبطيق
labelling
لاكتالبيومين
lactalbumin
لاكتوفيرين ، بروتين
lactoferrin
لكتينات
lectins
خنفساء كلورادو
Leptino tarsa decemlineata
اتفاقيات ترخيص
licensing agreements
ليجيز ، إنزيم
ligase
العائلة الزنبقية
Liliacae
ليبيه دولسيز ، نبات
Lippia dulcis
ليستريا ، بكتيرة
Listeria
أدبيات
literature
دَهْلَزة
lobbying

دودة قَيَّاسة
looper
لوسيفيريز ، إنزيم
luciferase
الطماطم
Lycopersicum esculentum
(M)
الماى
MAI
شعير ، مُمَضْلَت
malted
دودة الطباق
Manduca sexta
كاسافا
Manihot esculenta
منابلة
manipulation
جينات واسمات
marker genes
واسمات
markers
البرسيم الحجازى
Medicago sativa
مرسال ، جزىء
messenger

أيض
metabolism
ميثوتريكسيت
methotrexate
الدُّخْن
millet (*Panicum miliaceum*)
فراشة الصقر
Mimas tiliae
ميتوكوندريا ، سبحيات
mitochondria
بيولوجيا جزيئية
molecular biology
المونيللين ، بروتين
monellin
زراعة أحادية
monocultures
شركات متعددة الجنسية
multinational companies
تعدد المحاصيل
multiple cropping
مُطْفِر
mutagenic
طافر
mutant
طفرات

mutations

فطر الميكوريزا

mycorhiza

(N)

النافتا

NAFTA

نكرزة

necrosis

شجرة النيم

(*Azadirachta indica*) neem

نماتودا

nematodes

نيومايســين

neomycin

الطباق

Nicotiana tabacum

الفرخ النيلى (سمكة)

nile perch

نيمبى

NIMBY

النتريلات

nitriles

إخطار

notification

نوتيدة

nucleotide

(O)

منظمة التعاون الاقتصادى والإنماء (م ت إ إ)
OECD

شلجم الزيت
oilseed rape (*Brassica napus*)

فأر السرطان
OncoMouse

سالمون كوهو
Oncorhynchus kisutch

تين شوكى
Opuntia vulgaris

بلطى ، سمكة
. *Oreochromis* spp

عُضيات
organelles

الهالوك
. *Orobanche* spp

أرز
Oryza sativa

الحشرة الثاقبة الأوروبية
Ostrinia nubilalis

تربية خارجية
outbreeding

(P)

الدُّخْن
Panicum miliaceum

تسجيل البراءات
patenting
براءات
patents
بكتينيز ، إنزيم
pectinase
دودة الأرز
Pectinophora gossypiella
عوائل مُبَاحة
permissive hosts
التماس
petition
البيتونيا ، نبات
Petunia hybrida
زراعة صيدلية
pharming
فاصيولين
phaseolin
المظهر
phenotype
مبيدات مجموعة الفوسفينوثريسين
phosphinothricin
ذبابة النار ، حشرة
Photinus pyralis
تنفس ضوئى

photorespiration

تمثيل ضوئى

photosynthesis

فيتوفثورا إنفستانس (فطر)

Phytophthora infestans

فيتوفانيليا

phytovanilla

فيتوفانيلّين

phytovanillin

تربية النبات

plant breeding

بلازميد

plasmid

الفراشة المُعَيَّنَة الظهر

Plutella xylostella

مُؤَبِّر

pollinating

بوليستر

polyester

ذرة فُشار

(*Zea mays* var. *everta*) popcorn

عشائر

populations

بعد الإنبات

post emergent

بريون
prion
مسبر
probe
أغذية مُصَنَّعة
processed foods
بدائيات النواة
prokaryotes
جين منشط
promoter gene
مثبطات البروتييز
protease inhibitors
إنزيمات البروتييز
proteases
بروتوبلاستات ، خلايا عادية
protoplasts
بسيدوموناس أوريوفاشنس ، بكتيرة
Pseudomonas aureofaciens
سيدوموناس بيوتيدا ، بكتيرة
Pseudomonas putida
سودوموناس ، بكتيرة
. *Pseudomonas* spp
بسيدوموناس سيرنجى ، بكتيرة
Pseudomonas syringae
سمكة فلاوندر الشتاء

Pseudopleuronectes americanus

خطوط صادقة التوالد

pure breeding lines

قراد

Pyemotes tritici

تهريم

pyramiding

(Q)

تَكْمِيَة

quantifying

(R)

فجل

Raphanus sativus

دنا مُطَعَّم

recombinant DNA

تأشيب

recombination

ملاذ

refugia

جَثَّر ، يجثر

regenerate

مُجَثَّر

regenerated

تجثير

regeneration

طروح
releases
إنزيمات التحديد
restriction enzymes
فيروس ارتجاعي
retrovirus
إنزيم النسخ العكسي
reverse transcriptase
ريزوبيوم
Rhizobium
رايزوكتونيا سولاني
Rhizoctonia solani
راوند
rhubarb
ريبوزومات
ribosomes
إنزيم روبيسكو
ribulose bisphosphate carboxylase
ريتشارديلاً دولسيفيرا
Richardella dulcifera
رنا
RNA
راوند أب ريدي ، مبيد حشائش
Round up_ Ready
جُعْل
royalty

إنزيم روبيسكو
(ribulose bisphosphate carboxylase) rubisco

(S)

خميرة سكاروما يسيز
Saccharomyces cerevisiae

قصب السكر
Saccharum officinarium.

سالمون الأطلنطى
Salmo salr

سالمونيلا
Salmonella

سالمونيلاّ باراثيبى ، بكتيرة
Salmonella parathypi

سالمونيلا تيفيموريام
Salmonella typhimurium

سالمونيدات
salmonids

وَبَر الملح
salt hairs

توابع
satellites

جين تفعيل
sense gene

توافق جنسى
sexual compatibility

إسكات (الجينات)
silencing
تآكل التربة
soil erosion
البطاطس
Solanum tuberosum
تباين كلونى خضرى
somaclonal variation
فراشة أبوالهول
Sphinx ligustri
دودة ورق القطن (سبودوبترا)
Spodoptera
فراشة الصفصاف المبرقشة الصغيرة
Spodoptera exigua
التهابات الدماغ الإسفنجية المرضية
spongiform encephalopathies
بوغ
spore
تبويغ
sporulation
إستياريت
stearate
ستيفيا
Stevia rebaudiana
أطراف لزجة
sticky ends

جديلة
strand
ستريبتومايسيز هيجروسكوبيوس ، بكتيرة
Streptomyces hygroscopius
حشيشة العجوز
. *Striga* spp
محاصيل الكفاف
subsistence crops
السلفونيل يوريا
sulfonylureas
زراعة متواصلة
sustainable agriculture
تمثيل
synthesis
مُخَلَّق
synthetic

(T)

تالين
Talin
توماتين
taumatin
تمبه
tempeh
تربينات
terpenes

مُشَكَّل
textured
توماتوكوكّص دانيلياى
Thaumatococcus daniellii
كاكاو
Theobroma cacao
إنزيم ثيوإستريز
thioesterase
زراعة الأنسجة
tissue culture
طوفو
Tofu
تفاوت مسموح
tolerance levels
نَسْخ
transcription
جين عابر
transgene
عبرجيني
transgenic
ترجمة
translation
عوامل متنقلة
transposable elements
ترانسبوزون
transposon

تريهالوز ، إنزيم
trehalose
تريازين
Triazine
فراشة الكرنب الأنشوطة
Trichoplusia ni

(U)

غار خليج كاليفورنيا ، نبات
Umbellularia california
وزارة الزراعة الأمريكية (وزأ)
USDA

(V)

فاكسينات
vaccines
فانيليا ، نبات
Vanilla planifolia
فانوميسين
vanomycin
قاطرة النقل
vector construct
ناقلات
vectors
نباتى
vegetarian
لوبيا
Vigna anguiculata

(W)

حشيشة العجوز

(*Striga* spp.) witch weeds

منظمة التجارة العالمية (م ت ع)

W T O

شبكة العالم أجمع

World Wide Web (WWW)

(Z)

الذرة

Zea mays

ذرة فُشار

Zea mays var. everta

ذرة سكرية

Zea mays var. saccharata

معجم

(عربى - إنجليزى)

(أ)

أجروبكتريوم توميفاشنس ، بكتيرة	*Agrobacterium tumefaciens*
أجروبكتريوم ريزوجينيس ، بكتيرة	*Agrobacterium rizogenes*
إخطار	notification
أدبيات	literature
إدخالات	introductions
أرابيدوبسيز ثاليانا ، نبات	*Arabidopsis thaliana*
أرز	*Oryza sativa*
الأزاديراختين	azadirachtin
أزواج القواعد (زق)	based pairs
أوسبيريلّم ، بكتيرة	*Azospirillum miliaceum*
أسبارتيم	aspartame
أسبرجيلّص نيجر ، فطر	*Aspergillus niger*
إستياريت	stearate
إسكات (الجينات)	silencing
أطراف لزجة	sticky ends
أغذية مُصنّعة	processed foods
إكسونات	exons
أكسيل	Accell
ألكاليجينز يوتروفص	*Alcaligenes eutrophus*
أليرجية ، حساسية	Allergy
ألّيرجينات	Allergens
ألّيل	Alleles

imidazolinones	الميدازولينونات
amylase	أميليز
introns	إنترونات
antigen	أنتيجين
enzyme	إنزيم
alpha-1-antitrypsin	إنزيم ألفا - ١ - أنتى تريبسن
reverse transcriptase	إنزيم النسخ العكسى
thioesterase	إنزيم ثيو إستريز
rubisco (ribulose bisphosphate carboxylase)	إنزيم روبيسكو
proteases	إنزيمات البروتييز
restriction enzymes	إنزيمات التحديد
Escherichia coli	إيشيريشيا كولاى (إ . كولاى)
metabolism	أيض
licensing agreements	اتفاقيات ترخيص
GATT	اتفاقية الجات
field tests	اختبارات حقلية
conjugation	اقتران
deletion	اقتضاب

(ب)

Bacillus amyloliquefaciens	باسيلص أميلوليكفاشنس ، بكتيرة
Bacillus thuringiensis	باسيلّص تورينجينسيز ، بكتيرة
prokaryotes	بدائيات النواة
patents	براءات
Brassica campestris	براسيكا كامبيستريس
Medicago sativa	البرسيم الحجازى

بروتوبلاستات ، خلايا عادية	protoplasts
بروموكسينيل	bromoxynil
بريون	prion
بسيدوموناس أوريوفاشنس ، بكتيرة	*Pseudomonas aureofaciens*
بسيدوموناس سيرنجى ، بكتيرة	*Pseudomonas syringae*
البطاطس	*Solanum tuberosum*
بعد الإنبات	post emergent
بكتينيز ، إنزيم	pectinase
بلازميد	plasmid
بلطى ، سمكة	*Oreochromis* spp.
البلوجنيز	blue jeans
بوغ	spore
بوليستر	polyester
بيتا- جلاكتو سيديز ، إنزيم	beta-galactosidase
البيتونيا ، نبات	*Petunia hybrida*
بيوطبى	biomedical
بيولستى	biolistic
بيولوجيا جزيئية	molecular biology

(ت)

تأشيب	recombination
تآكل التربة	soil erosion
تالين	Talin
تباين كلونى خضرى	somaclonal variation
تبطيق	labelling
تبويغ	sporulation

regeneration	تجثير
intercropping	تحميل
crown gall	تدرن تاجى ، مرض نباتى
transposon	ترانسبوزون
plant breeding	تربية النبات
outbreeding	تربية خارجية
terpenes	تربينات
translation	ترجمة
genotype	تركيب وراثى
Triazine	تريازين
trehalose	تريهالوز ، إنزيم
patenting	تسجيل البراءات
irradiation	التشعيع ، تقنية
desertification	تصحر
multiple cropping	تعدد المحاصيل
tolerance levels	تفاوت مسموح
quantifying	تكمية
bagging	تكييس
petition	التماس
tempeh	تمبه
synthesis	تمثيل
photosynthesis	تمثيل ضوئى
bioremediation	تنظيف بيولوجى
photorespiration	تنفس ضوئى
spongiform encephalopathies	التهابات الدماغ الإسفنجية المرضية

تهريم	pyramiding
توابع	satellites
توافق جنسى	sexual compatibility
توتية الصدفة	*Dioscoreophyllum cumminisii*
توماتكوكوكّص دانيلياى	*Thaumatococcus daniellii*
توماتين	taumatin
تين شوكى	Opuntia vulgaris

(ث)

ثقب بالكهرباء	Electroporation
ثورة الجينات	gene revolution
ثورة خضراء	green revolution

(ج)

الجافتا	Gafta
جَثّر ، يجثر	regenerate
جديلة	strand
جُعل	royalty
جلوتينين	glutenin
جلوكورونيديز ، إنزيم	glucoronidase
جنون البقر ، مرض	B S E
جوز البرازيل	*Bertholletin excelsa*
الجَوْلق ، نبات	gorse
جين أزرق	blue gene
جين التعطيل	antisense gene
جين تفعيل	sense gene
جين عابر	transgene

جين منشط	promoter gene
جينات نطاطة	jumping genes
جينات واسمات	marker genes
جينوم	genome

(ح)

حامض نووى ديوكسى ريبوزى	deoxyribonucleic acid
الحامول	dodder (*Cuscuta* spp.)
الحشرة الثاقبة الأوروبية	*Ostrinia nubilalis*
حشيشة العجوز	witch weeds (*Striga* spp.)
حقوق اللكية الفكرية	intellectual property rights
حقيقيات النواة	eukaryotes
حمض أمينى	amino acid

(خ)

خريطة الجينات	gene map
خطوط صادقة التوالد	pure breeding lines
خطوط مرباة داخليًا	inbred lines
خميرة سكارومايسيز	*Saccharomyces cerevisiae*
خميرة كانديدا يوتيليس	*Candida utilis*
خميرة كلوفير مايسيز	*Kluyveromyces lachs*
خنفساء بذور اللوبيا	*Collosobruchus maculatus*
خنفساء كلورادو	*Leptino tarsa decemlineata*

(د)

الدُّخن	millet (*Panicum miliaceum*)
دهلزة	lobbying
دكسترينات	dextrins

DNA	دنا
recombinant DNA	دنا مُطعَّم
Pectinophora gossypiella	دودة الأرز
Manduca sexta	دودة الطباق
Heliothis virescens	دودة براعم الطباق
looper	دودة قيّاسة
Spodoptera	دودة ورق القطن (سبودوبترا)
Dooly	دوللى

(ذ)

Photinus pyralis	ذبابة النار ، حشرة
Zea mays	الذرة
Zea mays var. *saccharata*	ذرة سكرية
flint corn	ذرة صوانية
popcorn (Zea *mays* var. *everta*)	ذرة فشار

(ر)

Round up - Ready	راوند أب ريدى ، مبيد حشائش
Rhizoctonia solani	رايزوكتونيا سولانى
RNA	رنا
thubarb	رواند
ribosomes	ريبوزومات
Richardella dulcifera	ريتشارديلا دولسيفيرا
Rhizobium	ريزوبيوم

(ز)

monocultures	زراعة أحادية
tissue culture	زراعة الأنسجة

زراعة صيدلية	pharming
زراعة متواصلة	sustainable agriculture
زهرة اللبن	Galanthus nivalis

(س)

سالمون الأطلنطى	*Salmo salr*
سالمون كوهو	*Oncorhynchus kisutch*
سالمونيدات	salmonids
سالمونيلا	*Salmonella*
سالمونيلا تيفيموريام	*Salmonella typhimurium*
سالمونيلا باراثيبى ، بكتيرة	*Salmonella parathypi*
ستريبتو مايسيز هيجروسكوبيوس ، بكتيرة	*Streptomyces hygroscopius*
ستيفيا	*Stevia rebaudiana*
السّمار	blackgrass
سكتة العوار	anaphylactic shock
السلفونيل يوريا	sulfonylureas
سلم حلزونى	helix
سمكة الفلاوندر	flounder
سمكة فلاوندر الشتاء	*Pseudopleuronectes americanus*
سودوموناس ، بكتيرة	*Pseudomonas* spp.
سيدوموناس بيوتيدا ، بكتيرة	*Pseudomonas putida*
سيميت	CIMMYT

(ش)

شبكة العالم أجمع	World wide web (www)
شبوط ، سمك	Cyprinus spp.
شجرة النيم	neem (*Azadirachta indica*)

شركات متعددة الجنسية	multinational companies
شعير ، مُمَضلت	malted
شفرة وراثية	genetic code
شلجم الزيت	oilseed rape (*Brassica napus*)

(ص)

صائدو الجينات	gene hunters
الصلور ، سمك	catfish (*Clarins* spp.)

(ط)

طافر	mutant
الطباق	*Nicotiana tabacum*
طروح	releases
طفرات	mutations
الطماطم	*Lycopersicum esculentum*
طوفو	Tofu

(ع)

العائلة الزنبقية	Liliacae
عبرجينى	transgenic
عشائر	populations
عُضيات	organelles
عقرب شمال إفريقيا	*Androctonus australis*
عوائل مُباحة	permissive hosts
عوامل النمو شبيهات الإنسولين١(عن إ-١)	insulin-like growth factor 1(1gf1)
عوامل متنقلة	transposable elements

(غ)

غار خليج كاليفورنيا ، نبات	*Umbellularia california*

(ف)

فأر السرطان	Onco Mouse
فاجات	bacteriophages
فاصيولين	phaseolin
فاكسينات	vaccines
فانوميسين	vanomycin
فانيليا ، نبات	*Vanilla planifolia*
فجل	*Raphanus sativus*
فراشة أبو الهول	*Sphinx ligustri*
فراشة البرسيم الحجازى الأنشوطة	*Autogrpha californica*
فراشة الصفصاف المبرقشة الصغيرة	*Spodoptera exigua*
فراشة الصقر	*Mimas tiliae*
فراشة الكرنب الأنشوطة	*Trichoplusia ni*
الفراشة المُعَيّنة الظهر	*Plutella xylostella*
فراشة هليوثيس	*Heliothis*
فراولة	*Fragaria chiloensis*
الفرخ النيلى (سمكة)	nile perch
فطر البقعة البنية	*Alteria longipes*
فطر الميكوريزا	mycorhiza
فطر لفحة الأوراق (هلمنثوسبوريوم مايزيس)	*Helminthosporium maysis*
فليفر سيفر (طماطم)	Flavr Savr
الفواكه الحرجة	climacteric
فول الصويا	*Glycine max*
فيتوفانيلين	phytovanillin
فيتوفانيليا	phytovanilla

فيتوفثورا إنفستانس (فطر)	*Phytophthora infestans*
فيروس ارتجاعى	retrovirus
فيروس مبرقش ناعم الملمس	FMV
فيروس نقص المناعة البشرى	HIV
فيروسات عصوية	baculoviruses

(ق)

قاذفة الجينات	gene gun
قاطرات	constructs
قاطرة النقل	vector construct
قراد	*Pyemotes tritici*
قصب السكر	*Saccharum officinarium*
القطيفة ، نبات	*Amarantus hybridus*
قواعدة	bases

(ك)

كاتيمفى	katemfe (*Thaumatococcus daniellii*)
كاسافا	*Manihot esculenta*
كاكاو	*Theobroma cacao*
كامبيلوباكتر ، بكتيرة	*Campylobacter*
كاناما يسين	kanamycin
كانتالوب	*Cucurbita melo*
كانولا	canola
كرضى	global
كرنبيات	brassicas
كرويتسفيلد - ياكوب ، مرض	Kreutzfeldt-jakob
كلور امفينيكول	chloramphenicol

chloroplasts	كلوروبلاستات
chlorotetracycline	كلور وتتراسيكلين
Klebsiella ozaenae	كليبسييلا أزينى ، بكتيرة
Klebsiella planticola	كليبسييلا بلانتيكولا ، بكتيرة
Klebsiella pneumoniae	كليبسييلا ، بكتيرة
chitin	كيتين
chymosin	كيموزين

(ل)

lactalbumin	لاكتالبيومين
lactoferrin	لاكتوفيرين ، بروتين
Codex commission	لجنة الكودكس
lectins	لكتينات
french beans	لوبيا
cowpea (*Vigna anguiculata*)	لوبيا
luciferase	لوسيفيريز ، إنزيم
Lippia dulcis	ليبيه دولسيز ، نبات
ligase	ليجيز ، إنزيم
Listeria	ليستريا ، بكتيرة

(م)

pollinating	مؤبر
humanized	مؤنسنة
MAI	الماى
familiarity principle	مبدأ الألفة
herbicides	مبيدات أعشاب
insecticides	مبيدات حشرية

مبيدات مجموعة الفوسفينوثريسين	phosphinothricin
مثبطات البروتييز	protease inhibitors
مُجَثَّر	regenerated
محاصيل الكفاف	subsistence crops
محاصيل نقدية	cash crops
مُخلّق	synthetic
مخلّق الدنا	DNA synthesizer
مرسال ، جزئ	messenger
مرض الجذور الشعرية	hairy root disease
مسبر	probe
مستودع جينى	gene pool
مشكّل	textured
مصلحة الغذاء والدواء (م غ د)	FDA
مضادات حيوية	antibiotics
مُطْفِر	mutagenic
المظهر	phenotype
المعهد الدولى لبحوث الأرز (إيرى)	IRRI
المقاومة المُسْتَحَثّة	induced resistance
مكتبات الجينات	gene libraries
ملاذ	refugia
منابلة	manipulation
منظمة التجارة العالمية (م ت ع)	W T O
منظمة التعاون الاقتصادى والإنماء(م ت إإ)	OECD
المونيللين ، بروتين	monellin
ميتوكوندريا ، سبحيات	mitochondria

ميثوتريكسيت	methotrexate
النافتا	NAFTA

(ن)

ناقصة «الثلج»	"ice" minus
ناقلات	vectors
نباتات ك3	C3 plants
نباتات مُضيفة	host plants
نباتى	vegetarian
النتريلات	nitriles
نَسْخ	transcription
نكرزة	necrosis
نماتودا	nematodes
نوتيدة	nucleotide
نيمبى	NIMBY
نيومايسين	neomycin

(هـ)

الهالوك	broomrape (*Orobanche* spp.)
هرمون السوماتوتروبين البقرى(س ت ب)	bovine somatotropin (BST)
هليوثيس ، حشرة	*Heliothis*
هندسة وراثية	genetic engineering
هيجرومايسين - ب	hygromycin B

(و)

واسمات	markers
وَبَر الملح	salt hairs
وزارة الزراعة الأمريكية (وزأ)	USDA
وكالة حماية البيئة (وح ب)	EPA

الفهرس

الفصل السادس

الفصل السابع

الفصل الثامن

الفصل التاسع

الفصل العاشر

رقم الإيداع : ١٥٧٥٧ / ٢٠٠٥

الترقيم الدولى : I.S.N.B. - 977 - 14 - 9812-9

طبعة خاصة تصدرها
دار نهضة مصر للطباعة والنشر والتوزيع
ضمن مشروع مكتبة الأسرة

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة



الإدارة العامة: 21 ش أحمد عرابي - المهندسين ص.ب: 21 إمبابة ت: 3466434 - 3472864 فاكس: 02-3462576
المركز الرئيسي: 80 المنطقة الصناعية الرابعة - مدينة 6 أكتوبر ت: 8330287 - 8330289 - فاكس: 02/8330296
مركز التوزيع: 18 ش كامل صدقي - الفجالة - القاهرة - ت: 5898085 - 5909827 - 5908895 - فاكس: 02-5903395
فرع الإسكندرية: 408 طريق الحرية (رشدي) ت: 03 5462090 www.nahdetmisr.com
فرع المنصورة: 47 ش عبد السلام عارف ت: 050-2259675 publishing@nahdetmisr.com



إن القراءة كانت ولاتزال وسوف تبقى، سيدة مصادر المعرفة، ومبعث الإلهام والرؤية الواضحة .. وعلى الرغم من ظهور مصادر حديثة للمعرفة، وبرغم جاذبيتها ومنافستها القوية للقراءة، فإننى مؤمنة بأن الكلمة المكتوبة تظل هى مفتاح التنمية البشرية، والأسلوب الأمثل للتعلُّم، فهى وعاء القيم وحافظة التراث، وحاملة المبادئ الكبرى فى تاريخ الجنس البشرى كله.

سوزان مبارك


Bibliotheca Alexandrina
1111033



السعر ٢٠٠ قرشا